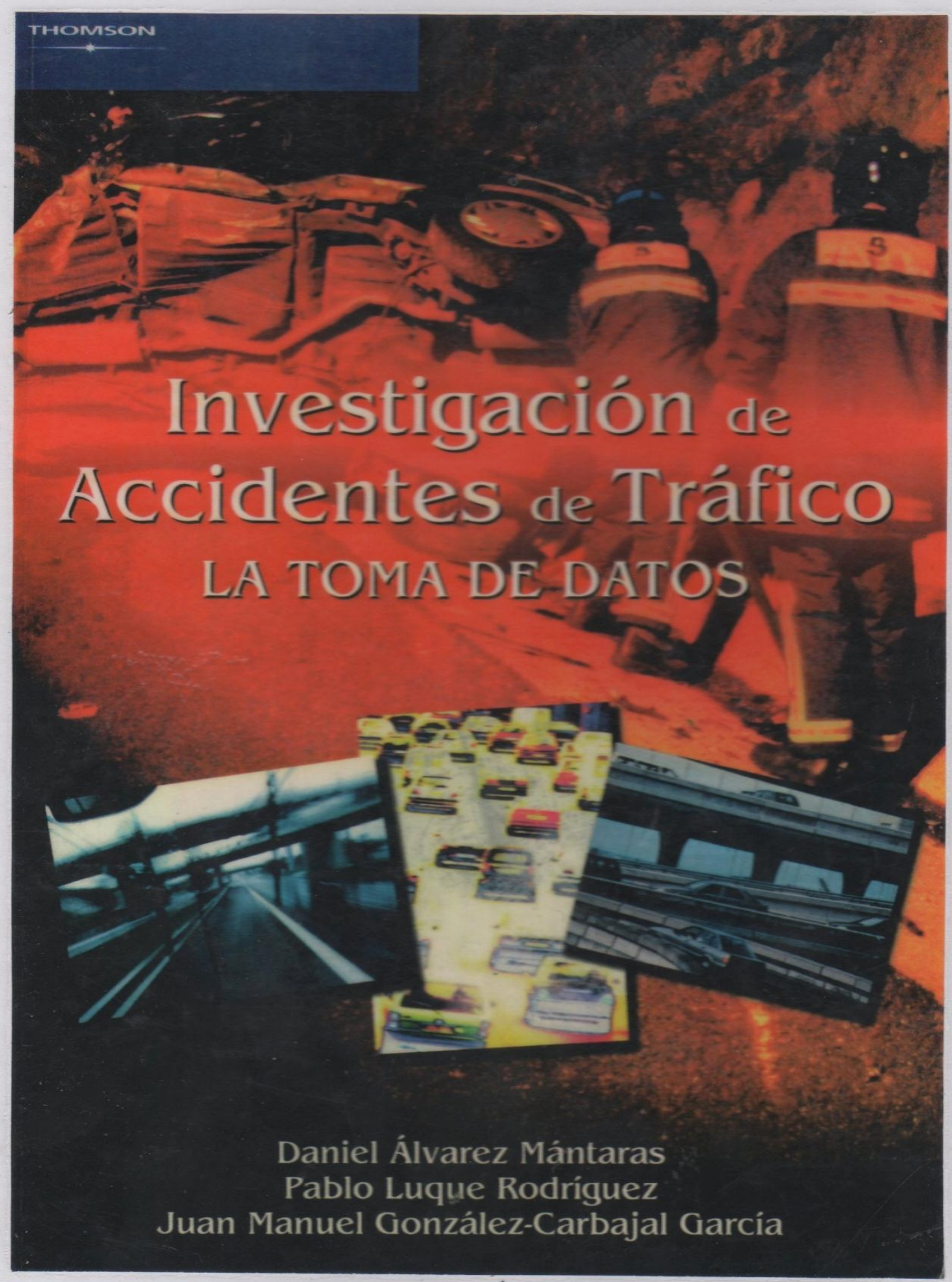
THOMSON



Investigación de Accidentes de Tráfico

LA TOMA DE DATOS

Daniel Álvarez Mántaras
Pablo Luque Rodríguez
Juan Manuel González-Carbajal García

Investigación de Accidentes de Tráfico

LA TOMA DE DATOS

Daniel Álvarez Mántaras
Pablo Luque Rodríguez
Juan Manuel González-Carbajal García

Universidad de Oviedo

THOMSON

Australia • Canadá • México • Singapur • España • Reino Unido • Estados Unidos

A modo de inicio

Entre las postrimerías del S.XIX y las primeras décadas del S.XX, el automóvil pasó de ser considerado un artilugio infernal capaz de desplazarse a velocidades vertiginosas que podían llegar a superar los 25 km/h, a formar parte indisoluble de los ciudadanos y la sociedad. Ésta tuvo que acostumbrarse a convivir con los accidentes y empezó a ser necesario averiguar las causas de los mismos. La dificultad de la investigación y sus errores más notables acabaron por trasladarse a ámbitos diametralmente alejados como el de la canción. En Asturias, compartimos etnia, tierra y estancia con personas entrañables y conocidas como el ínclito cantautor Juan Jerónimo Granda, que en una de sus famosas Coplas de Carnaval dice

"Meca!, aquella muyer matose,
[...]
y el animal del forense
hízole la autopsia al coche"

La presente obra pretende dar la razón al tan maltratado forense, que no lo era tal, sino un diligente investigador de accidentes de tráfico, que en plena de dedicación a su trabajo y con gran celo profesional tomaba innumerables datos sobre la escena del accidente, el coche y la víctima. Indudablemente, en aquella ocasión fue ridiculizado por lo inhabitual de su proceder.

Las cosas han cambiado desde entonces, allá por el siglo XX, y la necesidad de realizar una correcta toma de datos en la escena del accidente, así como la aplicación de diversas tecnologías existentes y el desarrollo de metodologías y formas procedimentales, nos ha animado a escribir la presente obra. A tal fin, hemos tratado de realizar una recopilación multidisciplinar de los diversos aspectos que afectan a la toma de datos y sus posteriores implicaciones y consecuencias y, al mismo tiempo, le hemos pedido a Juan Jerónimo que refleje en unas cuantas líneas su perspectiva personal sobre el asunto, algo que le agradecemos sinceramente.

Los Autores
Asturias, 2004

© ITES - Paraninfo

Índice

Prólogo IX

1. EL ACCIDENTE DE TRÁFICO. CUESTIONES PREVIAS

1.1. Tráfico, circulación y seguridad vial 1
1.2. Concepto de accidente de tráfico 3
1.3. Ámbito de la investigación del accidente 12
1.4. Relación entre atestado, toma de datos e investigación de accidentes 15
1.5. Objetivos de la toma de datos 25
1.6. El accidente y los datos 26
1.7. La actitud en la toma de datos 30
1.8. Otras actividades en la escena del accidente 31
1.9. Datos generales del accidente 33
1.10. Tipologías de accidentes de tráfico 34
1.11. Datos relativos a las personas 41
1.12. Declaraciones 44

2. LA ESCENA DEL ACCIDENTE

2.1. Evolución espacio-temporal 49
2.2. La escena del accidente 52
2.2.1. Tipos de vías 52
2.2.2. Trazado y elementos de la vía 54
2.2.3. Nudos 60
2.2.4. Visibilidad y campo de visión 61
2.2.5. Firme y pavimento 71
2.2.6. Elementos y dotaciones viarias 76
2.3. Huellas y vestigios 89
2.3.1. Restos 90
2.3.2. Daños, marcas y desperfectos de la vía 92
2.4. Conceptos de tráfico 93
2.5. Sistemas de medición 94
2.6. Registro de la escena 96
2.6.1. Resumen de datos 96
2.6.2. Mediciones y planos 97
2.6.3. Algunas consideraciones prácticas 111

© ITES - Paraninfo

3. EL VEHÍCULO

3.1. Identificación general y documentación 133
3.1.1. La tarjeta ITV 140
3.1.2. VIN - número de identificación 141
3.1.3. Tipos de vehículos 142
3.1.4. Metodología 146
3.2. Características técnicas generales 148
3.2.1. Sistema de referencia del vehículo 148
3.2.2. Análisis de las cargas 149
3.2.3. Centro de gravedad 153
3.2.4. Metodología 159
3.3. La suspensión 163
3.3.1. Configuración de la suspensión 163
3.3.2. Tipologías del sistema de suspensión en vehículos tipo turismo 164
3.3.3. Elementos de la suspensión 169
3.3.4. Balanceo 178
3.3.5. La suspensión en vehículos industriales 190
3.3.6. Estudio de la carga y la suspensión en vehículos industriales 192
3.3.7. Metodología 202
3.4. La dirección 204
3.4.1. Tipos de sistemas de dirección 206
3.4.2. Geometría del conjunto dirección-suspensión 208
3.4.3. La columna de dirección 211
3.4.4. Respuesta direccional 211
3.4.5. Evaluación del comportamiento en curva 213
3.4.6. Metodología 217
3.5. La tracción 220
3.5.1. Componentes de los sistemas de tracción 224
3.5.2. Prestaciones en tracción de un vehículo 233
3.5.3. Sistemas de registro del vehículo 234
3.5.4. Metodología 242
3.6. Sistema de frenado 246
3.6.1. Componentes del sistema de frenado 248
3.6.2. Frenos de tambor 250
3.6.3. Frenos de disco 253
3.6.4. Sistemas hidráulicos 254
3.6.5. Rendimiento de frenado 257
3.6.6. Frenómetro 258
3.6.7. Sistemas de frenos antibloqueo 260
3.6.8. Sistemas de aire comprimido 264
3.6.9. Tiempo de frenado 274
3.6.10. Metodología 275
3.7. Reformas de importancia 281

© ITES - Paraninfo

4. LAS RUEDAS Y LA CARRETERA

4.1. Ruedas neumáticas 286
4.1.1. La rueda 287
4.1.2. El neumático 291
4.1.3. Codificación para la designación de los neumáticos 293
4.1.4. Defectos y anomalías en las ruedas 299
4.2. Datos sobre neumáticos y ruedas 316
4.3. Huellas de neumático 317
4.3.1. Tipos de huellas de neumáticos sin defectos o averías 320
4.3.2. Huellas no uniformes 323
4.3.3. Influencia del sistema de frenos en las huellas de patinaje y derrape 327
4.4. Evaluación de la interacción vehículo-carretera 335
4.4.1. Sistemas de medición directa de la fuerza en el contacto entre neumático y carretera para ensayo con rueda completa 337
4.4.2. Sistemas de medición directa de la fuerza en el contacto entre neumático y carretera para ensayo con parte de un neumático 340
4.4.3. Ensayos de arrastre con vehículo completo 342
4.4.4. Ensayos dinámicos con vehículo 343
4.4.5. Instrumentación básica y ensayos 346

5. CHOQUE Y DEFORMACIONES

5.1. Carrocería y estructura 365
5.2. Choque y deformación 369
5.3. Toma de datos sobre deformaciones 372
5.3.1. Evaluación de las deformaciones 373
5.3.2. Registro gráfico del exterior de los vehículos 381
5.3.3. Ejemplos de aplicación – Casos generales 389
5.3.4. Algunas consideraciones – Casos particulares 390
5.4. Seguridad pasiva e interior del vehículo 400
5.5. Luces y lámparas 411
5.5.1. Introducción al análisis de lámparas 411
5.5.2. Tipos de lámparas 411
5.5.3. Tipos de lámparas de incandescencia 413
5.5.4. Funcionamiento de las lámparas de incandescencia 418
5.5.5. Comportamiento ante impactos 419
5.5.6. La deformación y el accidente 422
5.5.7. Proceso de toma de datos 424

ANEXO I. Datos de interés Médico-Legal 429
ANEXO II. Datos relacionados con el factor humano 439
ANEXO III. Normativa 453

Bibliografía 481

© *ITES - Paraninfo*

Prólogo

Por D. Juan Jerónimo Granda

Pues, nada, a reflejarme en unas cuantas líneas, como sugieren amablemente los autores de este laborioso libro.

Llevo treinta años conduciendo, los mismos llevo tomando datos de todo lo que pasa en las carreteras españolas como todo el mundo hace, no hay más remedio que fijarse mucho en todo para conducir un vehículo, y he llegado a la conclusión de que, en general, siempre en general, conducimos inocentemente sin saber lo que llevamos entre manos, porque, a la vista del presente libro, el asunto de los accidentes de tráfico por carretera es algo complejo e imprevisible, por mucho que los que manejan las normas y la dirección del tráfico rodado nos quieran convencer de que, siguiendo cuatro consejos que ponen en los paneles de carretera y en la tele y en la prensa y en la radio ya está todo arreglado, y además son carísimos. No señor, no basta con esas campañas posiblemente creadas por filósofos y sociólogos, ahora tan de moda como asesores de los poderosos y dirigentes en general, que dicen generalidades del tipo "...este camino me lo hago yo con los ojos cerrados", como si por decir o pensar eso el accidente fuera ineludible. Cosas como esta las puede decir un peatón, y nadie se lo va a reprochar cuando se le caiga una marquesina encima durante un paseo por la ciudad, que esas cosas pasan, hay que saber que las marquesinas no se caen porque el viandante conozca el camino a ojos cerrados, se cae por motivos que todos sabemos y que son de otra materia a tratar en otro momento, los accidentes son muy suyos, no hay más que leer este tomo.

Con el coche pasa lo mismo, se puede chocar o no, independientemente de lo que digas o pienses en cada momento de tu vida. Es como lo de que "el tabaco puede matar". Mentira. Usted puede pasear por una plantación de tabaco en Pinar del Río y no morirse ni sufrir daño alguno, al contrario, es un gran placer. Ya puestos, también se podría poner un letrero parecido a la entrada de muchos lugares de trabajo: minas, andamios, hornos, etc., imagínense, "picar carbón puede matar". Otra vez mentira, ¿es que los filósofos no aprendieron de cuando ellos pretendieron gobernar con ideas generales?, lo que mata no es picar carbón, matan las condiciones en las que ese trabajo se realiza, como en todos los trabajos, como en todos los accidentes de carretera.

Nuestros dirigentes parecen felices teniéndonos aterrorizados como a niños pequeños con esos cuentos de miedo, mejor sería que las carreteras estuvieran impecablemente diseñadas y construidas y señalizadas, otro gallo nos cantaría, y que los vehículos fueran seguros y bien acabados, mientras la enseñanza vial venga por vía de sanción hay poco que hacer, mejor es aprender desde pequeños que la clave de todo está en respetarse unos

© ITES - Paraninfo

a otros, lo que en el caso que nos ocupa sería conocer y respetar todo lo relacionado con la carretera y con la circulación de vehículos por ella.

Cuando dicen que la velocidad mata vuelven a mentir, la velocidad no es nadie para matar, que sólo matan las personas y los animales, las cosas no matan, las ideas no matan, aunque muchos digan que sí, la velocidad es una relación universal entre el espacio y el tiempo, todavía me acuerdo de la fórmula, quién no, v=e/t, y esto, señores diseñadores de campañas, no puede matar a nadie, es una ley aceptada por los científicos para sus cálculos y maquinaciones. Según los "creativos", con perdón, todo puede matar, el tiempo, como se sabe, acaba matando, la gente llegamos a viejos por acumulación de tiempo y nos morimos sin gastar un euro en campañas, el espacio también puede matar, si a uno le da por recorrer un millón de kilómetros sin parar lo más fácil es que se muera en el intento.

Señores diseñadores y pensadores de campañas preventivas, bien está que lo intenten, que intenten evitar que la gente se muera en la carretera, naturalmente, quién lo duda, pero uno sinceramente cree que es mejor educar a la gente desde la infancia. En vez de meter a los jóvenes esos anuncios de coches de gran cilindrada, de rallyes, de fórmula uno, todos llenos de publicidad de alcohol y tabaco, por poner un ejemplo, mejor sería que se les inculcaran otras cosas menos contradictorias, más prácticas para lo que se pretende: disminuir las barbaridades en la carretera, que más que accidentes, son barbaridades, cosas más de bárbaros que de la velocidad, el cinturón, etc. Lo difícil es que libros como este sean leídos por la mayoría de la gente, pero para eso están ustedes, mis queridos pensadores, para que lo que este estudio encierra sea transmitido al público en general de manera amena y sin meter miedo a nadie, que meter miedo está al alcance de cualquiera. Ánimo, consigan que las gentes se respeten, verán cómo disminuyen toda clase de accidentes.

Para acabar, dos últimas reflexiones. Una, cuando la gente andaba a caballo y en coches de caballo y de tracción animal, antes de que los automóviles existieran, también había accidentes y la gente se moría en ellos, mas a nadie se le ocurrió, que uno sepa, poner letreros en las calzadas romanas que dijeran que "correr a caballo puede matar", eso sería una perogrullada, para eso no hace falta ir a Harvard, todos sabemos que a mayor velocidad los choques son más violentos, lo sabemos sin estudiar física ni nada, los humanos tenemos esa capacidad, y también la tienen los animales instintivamente.

Y dos, en los enchufes eléctricos de las viviendas de poco valdría poner letreros que dijeran que la electricidad puede matar si el niño que mete los dedos en ellos no sabe leer.

Pues, eso, a leer.

Juan Jerónimo Granda
Gijón, agosto de 2004

© ITES - Paraninfo

1

EL ACCIDENTE DE TRÁFICO. CUESTIONES PREVIAS

1.1 TRÁFICO, CIRCULACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

El trabajo que se desarrolla y presenta en esta obra, centrado en la toma de datos cuando se ha producido un accidente de tráfico, tiene su contexto en el ámbito más general del tráfico, la circulación y la seguridad vial. Al pretender centrarse en un aspecto concreto de un todo, es necesario poner de manifiesto las principales cuestiones o aspectos generales que, a su vez, constituyen el marco referencial del concreto objeto de estudio.

Entre el tráfico, la circulación y la seguridad vial debe existir un total equilibrio. Si la seguridad vial es la idónea, el tráfico y la circulación se desarrollarán sin que se produzcan accidentes, de tal forma que cuando éstos se producen se rompe ese deseable equilibrio entre ambas partes.

El mismo título de la Ley (Texto Articulado de Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial –en adelante TAT-) evoca tanto la materia regulada como la finalidad de la propia norma, ya que ésta pretende normar una actividad, desarrollada por

© ITES - Paraninfo

el conjunto de la población, en un contexto seguro. Mencionar el tráfico supone incluir algo más que el uso de vehículos a motor, de ahí que la Ley se ocupe de peatones, usuarios en general, animales, vehículos de tracción animal, etc. A todo ello añade la mención expresa a los vehículos a motor, precisamente por constituir la parte más importante en todos los aspectos y, por ende, generadora de mayores riesgos, mención que no presupone la exclusión de otras clases de vehículos con distinto tipo de tracción. Finalmente, se hace referencia a la seguridad vial, incluyéndose ésta por un doble motivo. En primer lugar, porque tanto el tráfico como la circulación de vehículos a motor deben desarrollarse en forma segura y, en segundo lugar, porque el conjunto normativo pretende, en último término, establecer todos los mecanismos precisos para lograr dicha seguridad vial. Si se analiza el articulado de la Ley puede comprobarse que todas las reglas, requisitos y condiciones que se prevén en cualquier aspecto concreto, están dirigidos a lograr que el tráfico y la circulación sean, al mismo tiempo, seguros. Dato este de la seguridad que con más frecuencia de la deseable pasa inadvertido en el estricto plano judicial, como puede comprobarse a pocas resoluciones sobre la materia que se analicen. A estos efectos, ha de tenerse presente que el amplio conjunto de normas, legales y reglamentarias, que establecen con precisión las reglas y condiciones en las que debe desarrollarse la actividad del tráfico y la circulación, tienen como finalidad primordial la ya apuntada de la seguridad vial, pero, al mismo tiempo, suponen que el conjunto de las personas que circulan lo hacen en la "confianza" de que las reglas establecidas son cumplidas por todos los usuarios. Es precisamente lo que puede denominarse "confianza en el tráfico", el dato que permite valorar en sus justos términos los distintos grados de responsabilidad de los implicados en un accidente, cuando dos o más partes han podido incurrir en una conducta omisiva en lo que a cumplimiento de las normas se refiere, puesto que no todas las acciones constitutivas de infracción pueden valorarse con igualdad de efectos jurídicos en la resolución. El mero hecho de que ambas partes hayan incumplido no puede ser determinante necesario de una corresponsabilidad, al menos no en todos los casos. En muchas ocasiones será precisamente el informe técnico del accidente, debidamente elaborado, el que permita un pronunciamiento correcto y ajustado a la realidad material, debiendo en tales casos comprobarse en qué medida la inobservancia de las normas por una de las partes fue causa determinante del accidente, con independencia del concreto incumplimiento de la otra.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto y aceptando que todo accidente de tráfico y circulación rompe el deseable equilibrio de tales actividades con la seguridad vial, cualquier investigación que se haga de un accidente debe contener la información y propuestas necesarias para el restablecimiento del precitado equilibrio. Si nada se aporta en el plano específico de la seguridad, sólo podrá solucionarse el caso concreto en lo que a responsabilidades, sanciones e indemnizaciones se refiere, sin incidir en el objetivo primordial de restablecimiento de la seguridad y posible adopción de medidas correctoras que eviten la repetición del mismo accidente.

Sin duda, nadie puede pretender erigirse en conocedor de la solución, de cualquier índole científica que sea, para impedir que se produzcan accidentes. La actividad que nos ocupa implica riesgos y cada día es más compleja por infinidad de razones, algo que nos

© *ITES - Paraninfo*

obliga a aceptar la realidad de los siniestros en las carreteras. Pero no por ello hay que dejar de insistir en la obligación general de hacer todo lo posible para reducir a la mínima expresión el actual índice de accidentes, máxime cuando resulta incontrovertible lo injustificado del número de víctimas. No podrá evitarse que se sustraigan vehículos por quienes no tienen ni permiso para conducirlos, que algunas personas los manejen sin el más elemental respeto por las normas establecidas (bien por desconocimiento o por puro y simple desprecio), o que las condiciones climatológicas extremas produzcan accidentes, de la misma forma que no podrán evitarse los fallos mecánicos graves generadores de riesgos de igual entidad, pero sí podrán evitarse un buen número de accidentes debidos a los defectos en las infraestructuras, por ejemplo, y proponerse soluciones viables y efectivas para impedir otras muchas causas. Es justamente en esta línea en la que debe situarse cualquier investigación de accidentes de tráfico que pretenda estar a la altura y nivel adecuados.

A título de mera enumeración, incidir sobre la disminución de la gravedad de los daños por no llevar el cinturón abrochado, se hace proponiendo la incorporación obligatoria en los vehículos de sensores de ocupación de asientos y enganche de los cinturones, bloqueando, en caso contrario, el arranque del vehículo. En el mismo sentido, actuar sobre ciertos excesos de velocidad se consigue mediante la interrelación sensorial del vehículo y la vía, de la misma forma que puede hacerse respecto al alcohol y otras muchas causas actuales de accidentes. Ya que se está elevando continuamente el nivel de equipamiento de los vehículos, actúese también en la dotación relacionada con la prevención de accidentes.

Se podría seguir citando otros muchos aspectos de la cuestión, tales como el sistema de acceso al permiso con la consiguiente incidencia en la formación, las revisiones médicas, la comercialización de ciertas partes esenciales de los vehículos, la titularidad de éstos, los seguros y así sucesivamente, pero a los efectos que ahora interesan, baste con dejar clara la obligación del investigador de incluir en sus informes todo aquello que sea necesario para evitar la repetición de un accidente, al menos en la misma forma y con la misma entidad de daño que se produjo.

Para poder adoptar cualquier clase de solución o medida en cualquier materia, es necesario contar con datos fiables acerca de las razones y causas que hayan podido producir resultados no deseables y perjudiciales. Si pensamos en el tráfico, en modo alguno nos aproximaremos al buen camino para reducir los accidentes sin saber todas las causas exactas de los que se producen e investigan, sin entrar en distinciones entre mediatas e inmediatas.

1.2 CONCEPTO DE ACCIDENTE DE TRÁFICO

Con el fin de ir precisando más el objeto de estudio y análisis y una vez establecido y esbozado el contexto general en el que se produce un accidente, resulta necesario, para el

© ITES - Paraninfo

correcto detalle y estudio de la metodología de la Toma de Datos de aquél, partir de un presupuesto inexcusable, que no es otro que el que se haya producido previamente lo que entendemos como "accidente". Además, éste debe tener lugar dentro del ámbito material, desarrollo o ejercicio de la actividad conocida y denominada como tráfico, circulación, tránsito o cualquier otro vocablo cuya significación implique hacer referencia al hecho de desplazarse de un lugar a otro, andando o en cualquier medio de locomoción, con o sin motor y utilizando vías terrestres para el desplazamiento.

A los efectos que ahora interesan dos notas han de quedar claras, ya que sin ambas carece de sentido la Toma de Datos. Si no hay previamente un accidente que, además, se haya producido en el contexto del tráfico, la circulación, el tránsito o como quiera que se le denomine y entienda la actividad a la que antes hacíamos referencia, de nada habrá que tomar datos.

Parece obvio, a tenor de lo dicho hasta ahora, que si el objeto de estudio es la correcta Toma de Datos, en su condición de parte necesaria de la posterior investigación, primero tendrá que haberse producido algún accidente, pero tal obviedad no disculpa la necesidad de establecer un concepto o definición de lo que deba entenderse como "accidente" en una primera fase, y, más concretamente, como "accidente de tráfico" en último término. A modo de anticipación podemos señalar que dicho concepto o definición es la piedra basilar de toda la metodología de la Toma de Datos.

ACCIDENTE E INCIDENTE

Si atendemos a la significación semántica del término "accidente", podremos comprobar que la Real Academia Española (en adelante RAE) lo define como:

> "Suceso eventual o acción de que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas"

Definiendo, a su vez, el término "incidente" como aquel:

> "Que sobreviene en el curso de algún asunto o negocio y tiene con éste algún enlace"

Lo que nos lleva a llamar la atención sobre la necesidad de tener clara la diferencia entre uno y otro vocablo, ya que tanto en el manejo de vehículos, con o sin motor, como en la deambulación pueden producirse "incidentes" o "accidentes".

En una primera aproximación al concepto que se pretende establecer habrá de centrarse la atención en el elemento del "daño" al que alude la definición de la RAE, dato que permite afirmar que sin daño no hay accidente. Cuando no existe daño sólo cabe hablar de "incidente" y nunca de accidente, en cuyo caso y teniendo en cuenta las múltiples complejidades que la realidad puede presentar y el conjunto del derecho aplicable a las diversas situaciones que, a pesar de constituir sólo un incidente del tráfico,

© *ITES - Paraninfo*

pueden llegar a producirse, no cabría, en sentido estricto y desde la perspectiva de análisis que ahora nos ocupa, dicha investigación, algo que no tiene que suponer, necesariamente, la no necesidad de tomar datos e incluso, en casos y circunstancias singulares, la posterior investigación. No debe ignorarse que el necesario respeto a los derechos de los ciudadanos puede hacer necesaria, por requerimiento de aquellos, una elemental toma de datos de un incidente y también una investigación del mismo si las circunstancias concurrentes justificaran tal necesidad por cualquier motivo. En todo caso no deja de ser cierto, por más que pueda pretenderse otra cosa, que los incidentes y accidentes de tráfico no siempre van a solventarse desde la perspectiva del régimen jurídico sectorial, pudiendo resultar aplicable cualquier otra rama del Derecho.

Pero por más que se puedan apuntar distintas posibilidades, debe quedar claro que el núcleo esencial lo constituyen los accidentes y no los incidentes.

Continuando con el concepto o definición de accidente, es necesario hacer referencia al llamado "concepto normativo" de accidente. Tal concepto se encuentra recogido en la Orden de Presidencia del Gobierno de 13 de marzo de 1981, dictada para establecer las reglas a las que deberán someterse las estadísticas de accidentes que habrá de confeccionar la Dirección General de Tráfico, con la colaboración de la Dirección General de la Guardia Civil y de las autoridades municipales, como la propia norma indica en su artículo primero. La Orden de 1981 fue modificada por la Orden de 18 de febrero de 1993, disponiendo ésta la derogación de la anterior en lo que se oponga su contenido. No obstante, hay que señalar que la norma de 1993 en nada afecta al concepto de accidente establecido por la de 1981, al menos a los efectos que ahora interesan, ya que lo que hace la norma es establecer qué habrá de entenderse por accidente, indicando para ello una serie de circunstancias que habrán de darse para que lo sucedido pueda considerarse como tal. Tales circunstancias se refieren a que la vía en la que se produce el accidente sea "una de las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial" o tenga en ella su origen, que se produzcan daños, sean personales, materiales o de cualquiera de las dos clases, que al menos esté implicado un vehículo en movimiento. A su vez, la norma añade 7 requisitos o circunstancias más para que pueda considerarse que un vehículo está implicado en un accidente.

Pues bien, en modo alguno puede aceptarse, salvo a efectos meramente estadísticos, esta definición normativa por varias razones. En primer lugar, por tratarse de una norma que establece la definición a los meros efectos estadísticos, apartando por tanto cualquier otra clase de consideración o criterios técnicos o jurídicos. En segundo lugar, porque la norma parte de la exigencia de la implicación de un vehículo en el hecho, algo que no puede aceptarse al ser posible que un peatón pueda tener un accidente en una vía pública por muy diversas circunstancias (falta de visibilidad y fallo o inexistencia de una barandilla protectora, por poner sólo un ejemplo) y no por eso puede dejar de considerarse que lo sucedido tiene la condición de accidente de tráfico, puesto que una de las posibilidades de tal actividad es la pura y simple deambulación. Por último, porque si se aceptara tal definición, tendrían que aceptarse el resto de requisitos, condiciones y definiciones contenidas en dicha norma, limitando con ello la necesaria amplitud de la perspectiva con la que hay que enfrentarse a un accidente. Todo ello sin olvidar que el

© ITES - Paraninfo

propio ámbito de aplicación de la norma, impide su consideración a todos los efectos. Por tanto, puede afirmarse que no se cuenta con una definición normativa en el Ordenamiento jurídico, incluso de haberla seguramente seguiría siendo necesario establecer un concepto más amplio y general que sirva de contexto al resto de cuestiones que se plantean.

LA INTENCIONALIDAD EN LOS EFECTOS

Partiendo de lo expuesto hasta ahora, está claro que un elemento esencial que ha de existir en todo caso es el efecto lesivo, de cualquier clase que sea, producido en el suceso o acción desarrollada al tiempo de realizarse la actividad de circular por cualquier vía terrestre. Pero no es menos cierto que la definición de la RAE incluye, como no podía ser de otra forma, la mención a la involuntariedad en la producción del daño. Está claro que ese es el presupuesto del que se parte cuando, desde cualquier perspectiva, hemos de enfrentarnos al estudio de un accidente de tráfico, ya que en principio a nadie se le ocurre pensar que una persona pueda buscar, de forma deliberada, el producir daños a terceros o a si mismo. Desde nuestra perspectiva, la involuntariedad tiene sus propias connotaciones por la vinculación o relación, en último término, de la investigación de accidentes de tráfico con la sustanciación de responsabilidades y aperturas de procedimientos administrativos o en sede jurisdiccional (civil o penal, según los casos).

La existencia o no de voluntad en la producción del daño no afecta a la necesidad de la investigación y, por ello, no altera el concepto de accidente de tráfico y permite apuntar una de las primeras notas que nuestra definición de accidente tiene. Por más que la regla general en esta materia sea la involuntariedad en la producción del daño o efecto lesivo para los bienes o las personas como antes se indicaba, el que pueda existir verdadero ánimo dañoso (dolo en sentido técnico-jurídico), no puede suponer la ausencia de necesidad de investigación del accidente. La única diferencia va a estar en el cuidado y diligencia que habrá de poner el investigador para conseguir aportar datos objetivos e información suficientes que, a su vez, permitan, a quien corresponda, actuar en consecuencia y adoptar las medidas y resoluciones que considere más oportunas y convenientes al caso concreto, sin que el hecho de que puedan apreciarse circunstancias en el caso concreto que justifiquen la estimación de la existencia de un dolo eventual, tenga que suponer alteración sustancial en lo que a la investigación se refiere.

Se trata, en último término, de adaptar o, si se prefiere, adoptar una definición o concepto de accidente de tráfico que como es lógico trascienda del plano puramente semántico, puesto que si optáramos por limitarnos a la definición inicial, deberíamos afirmar que en los supuestos en que existiera ánimo de dañar no cabría investigación del suceso o evento producido al tiempo de circular o transitar, precisamente por faltar una de las notas definitorias del accidente. En último término, lo que se trata de dejar claro no es otra cosa que la necesidad de establecer una forma habitual de actuar frente a cualquier accidente, con independencia de intencionalidades. La actuación objetiva y sistemática tanto en la toma de datos como en la investigación posterior, constituyen el único camino para conocer todas y cada una de las verdaderas causas y lograr así la disminución del

© ITES - Paraninfo

índice de siniestralidad, sin olvidar que tal forma de proceder permitirá obtener resultados positivos en cualquier caso, aun cuando pudiera existir dolo eventual en el hecho.

Por tanto, y a modo de conclusión anticipada, entendemos que todo accidente supone la involuntariedad en el hecho, lo que no excluye que en el transcurso de la investigación y en las subsiguientes conclusiones, puedan existir datos suficientes que permitan detectar y admitir que el caso concreto hubo algún grado de voluntariedad en la producción del daño. Esto en modo alguno debe influir en la toma de datos y en la investigación, ya que desde esta perspectiva el que, en último término, se trate o no de un hecho de la circulación, exista o no dolo, etc., en nada altera la realidad de que se ha producido, en principio, un accidente cuyos datos deben ser tomados correctamente y su investigación realizada de manera adecuada, partiendo siempre de la presunción de involuntariedad, sin intentar buscar responsables o culpables, sólo causas, en la seguridad que una buena toma de datos e investigación permitirán siempre apoyar cualquier clase de actuación que se deduzca pertinente.

LAS CAUSAS

Si la existencia cierta de un daño, material o personal o ambos, es un elemento determinante para poder aceptar que estamos ante un accidente y no ante un incidente, no lo es menos la relación de causalidad entre el hecho (accidente en nuestro caso) y el daño efectivamente producido como consecuencia del mismo. Esto lleva directamente a tener que hacer algunas consideraciones acerca de la causa o causas del accidente.

Estaremos de acuerdo que todo accidente ha de tener una o varias causas y que es precisamente su determinación, análisis y valoración uno de los principales objetivos del investigador. El problema lo plantea, en principio, tratar de precisar en qué medida o grado de intensidad hayan sido determinantes las distintas causas de un accidente, en el supuesto de existencia de más de una.

En relación con cualquier accidente, una correcta investigación debe dar respuesta adecuada a tres preguntas fundamentales como son "qué", "cómo" y "por qué".

La primera de ellas, el *qué*, se vincula con el o los "efectos" de un accidente, por tanto se relaciona con los daños producidos, sean sólo materiales, sólo personales o de ambas clases, de tal forma que siempre que la respuesta a dicho interrogante sea afirmativa en el sentido de producción de resultados lesivos, estaremos ante un accidente y no ante un incidente, con las connotaciones que tal hecho comporta.

El segundo de los interrogantes, el *cómo*, tiene que ver con el mecanismo de producción del accidente y ha de permitir explicar la forma en la que, a partir de una o más causas productoras, se llega a producir el nivel de daño específicamente habido en el accidente concreto. Aquí se corre el riesgo de identificar causa con mecanismo de producción, es decir, confundir el *por qué* con el *cómo*, en cuyo caso se estaría dando un enfoque erróneo a la investigación, con el riesgo de obtención de conclusiones de nula o escasa virtualidad y efectos. No es infrecuente que se afirme en el informe técnico de una investigación, por ejemplo, que la causa del accidente fue "salida de la vía", cuando lo

© ITES - Paraninfo

cierto es que dicha salida es el mecanismo de producción y, en consecuencia, se corresponde con el *cómo* y no con el *por qué*. En todo caso, la investigación ha de permitir conocer con precisión el mecanismo de producción de un accidente, debiendo la respuesta que se dé mantener la inexcusable coherencia con el efecto. En suma, el *qué* (efecto) tiene que ser la consecuencia lógica, técnica y objetivamente fundada, del *cómo* (mecanismo de producción).

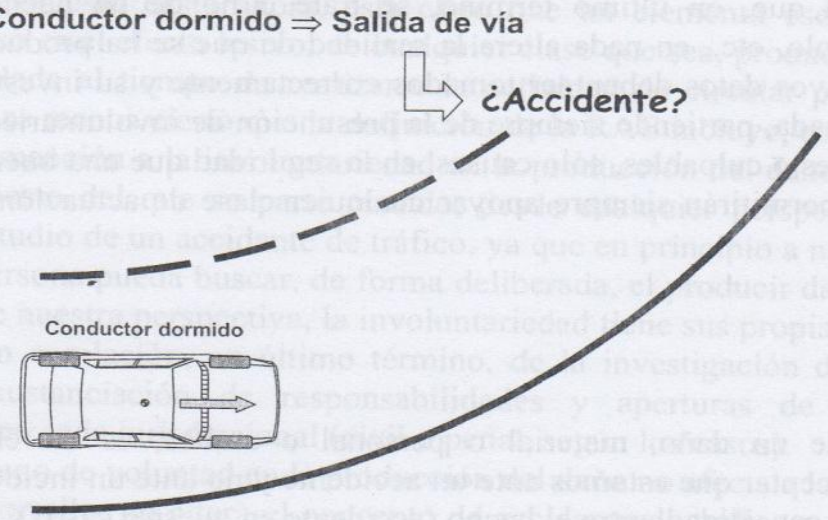


Figura 1.1 Salida de vía de un vehículo

Si las dos preguntas anteriores tienen evidente importancia y presentan, por ende, dificultades en su determinación y estudio, en mayor medida la tiene la tercera y última pregunta a la que es preciso dar cumplida respuesta, el *por qué* (causa).

A estos efectos, pretender distinguir entre causas mediatas e inmediatas, como viene siendo habitual desde hace tiempo, es enfrentarse a la investigación de los accidentes de tráfico desde una perspectiva limitadora y restringida. No puede estarse de acuerdo en tal distinción, la causa de un accidente puede ser una o pueden ser varias, pero hay una cosa clara y difícilmente discutible, cada accidente, considerado individual y separadamente, tiene una o más causas concretas.

Si pensamos en un accidente concreto y en los daños que se han producido en el mismo, habrá de estarse de acuerdo que tales daños son el resultado eficiente de una o varias causas, sin las cuales no habría tenido lugar ese accidente, se habría producido otro distinto con diferentes efectos (daños).

Con el fin de ilustrar lo que se pretende explicar se plantea un caso específico. Puede partirse, a modo de ejemplo, de una situación inicial en la que en un tramo curvo un conductor se queda dormido y tiene una salida de vía, según ilustra la figura 1.1.

Como puede constatarse, en la figura 1.1 se ha puesto entre interrogantes el término "accidente", precisamente porque el quedarse dormido el conductor y la salida de la vía

© *ITES - Paraninfo*

no son determinantes, por si mismos, para la producción de un accidente, van a ser necesarias circunstancias añadidas para que tal cosa suceda.

Si el vehículo se sale de la vía y queda detenido fuera de la calzada, estando los aledaños de la carretera al mismo nivel, no existiendo barrera de protección y habiendo espacio suficiente, el vehículo acabará por detenerse sin daños para si o terceros. En este caso estaríamos ante un incidente, puesto que para tratarse de accidente debería haberse producido alguna clase daño. Situación que refleja la figura 1.2.

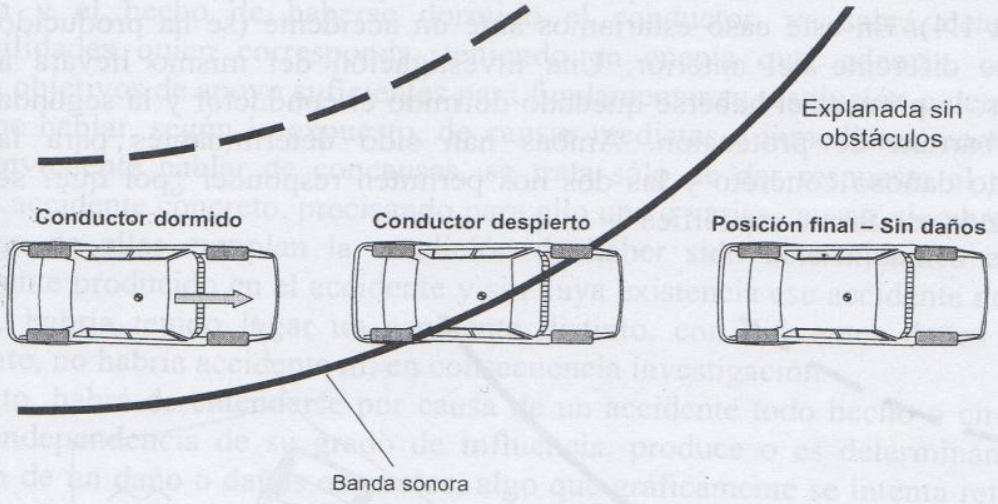


Figura 1.2 Salida de vía sin daños. Incidente

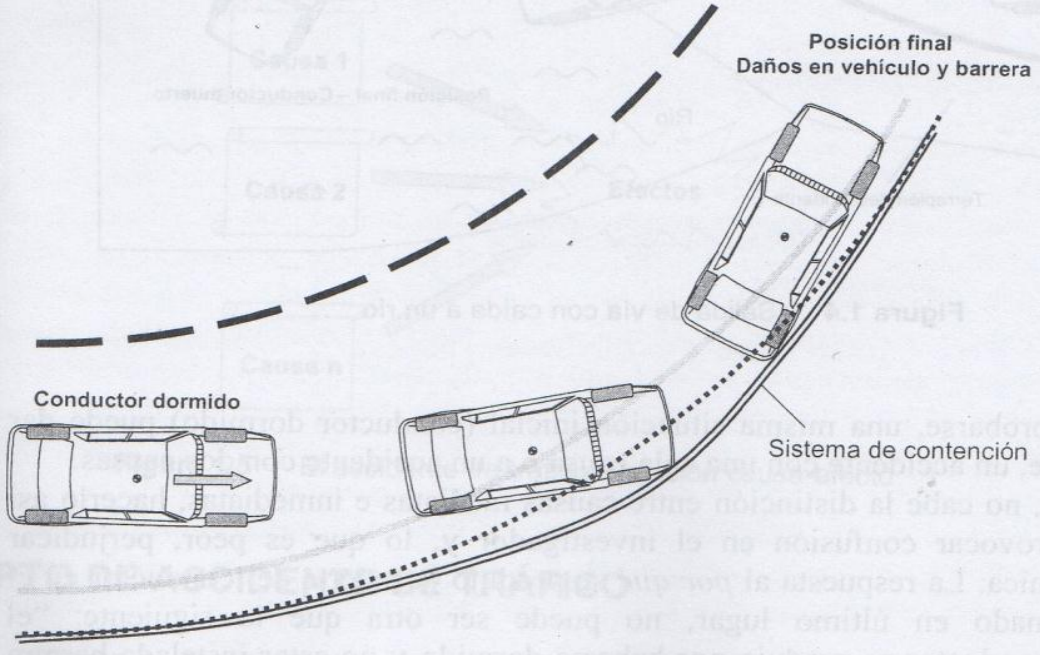


Figura 1.3 Salida de vía con colisión con sistema de contención

© ITES - Paraninfo

Partiendo de la misma situación inicial, supóngase que en la curva existe barrera de protección (figura 1.3) y que el vehículo colisiona contra ella sin llegar a salirse de la calzada, produciéndose daños en la barrera y en el vehículo y lesiones leves al conductor. Este caso ya puede tratarse como accidente, debido a la aparición de daños. Tras una investigación, puede llegar a concretarse que la causa del mismo es única, ya que el accidente y los concretos daños próducidos se deben al hecho de haberse quedado dormido el conductor.

Por el contrario, y partiendo del mismo caso propuesto, si los márgenes de la calzada están a un nivel inferior que aquélla, la curva no tiene barrera de protección y, además, el vehículo acaba en el fondo del cauce de un profundo río, es probable que el conductor acabe muerto (figura 1.4). En este caso estaríamos ante un accidente (se ha producido daño) completamente diferente del anterior. Una investigación del mismo llevará a identificar dos causas, la primera el haberse quedado dormido el conductor y la segunda la inexistencia de barrera de protección. Ambas han sido determinantes para la producción del evento dañoso concreto y las dos nos permiten responder ¿por qué? se produjo ese accidente de esa forma específica.

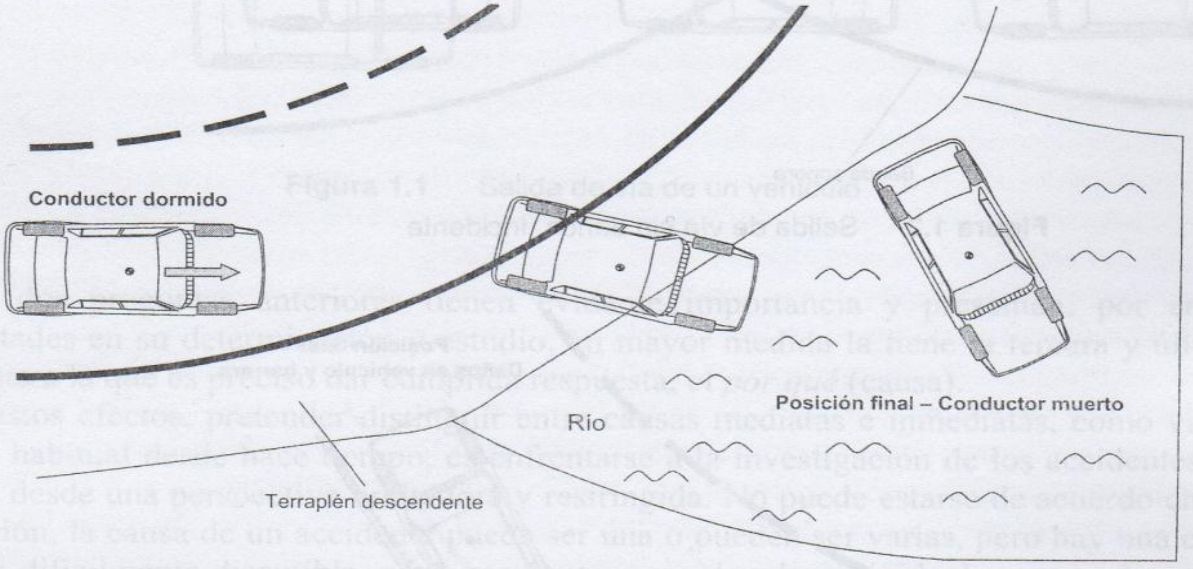


Figura 1.4 Salida de vía con caída a un río

Como puede comprobarse, una misma situación inicial (conductor dormido) puede dar lugar a un incidente, un accidente con una sola causa o a un accidente con dos causas.

A estos efectos, no cabe la distinción entre causas mediatas e inmediatas, hacerlo así sólo sirve para provocar confusión en el investigador y, lo que es peor, perjudicar gravemente su técnica. La respuesta al *por qué* se produjo la muerte del conductor en el accidente mencionado en último lugar, no puede ser otra que la siguiente: "el fallecimiento del conductor se produjo por haberse dormido y no estar instalada barrera

© *ITES - Paraninfo*

de protección en el tramo curvo de la vía" (debiendo añadirse en el informe los datos necesarios acerca de la posible obligación de que la barrera estuviera instalada, utilizando para ello las normas vigentes aplicables a la infraestructura, sin olvidar añadir la necesaria recomendación en cuanto a la conveniencia de su instalación, en todo caso, para evitar la repetición del mismo efecto lesivo, pero en ningún caso incluyendo estas menciones en la parte del informe que se refiere a la explicación de las causas del accidente). Sólo de esta forma la investigación cumplirá todas sus finalidades, especialmente cuando no es misión del investigador pronunciarse sobre responsabilidades o cuotas de responsabilidad. Si en el informe consta el titular de la vía, la obligación de que estuviera instalada barrera de protección y el hecho de haberse dormido el conductor, ya sabrá determinar las responsabilidades quien corresponda, teniendo en cuenta que, además, contará con elementos objetivos de apoyo suficientes para fundamentar su resolución o demanda.

No cabe hablar, según lo expuesto, de causas mediatas o inmediatas, como tampoco resulta conveniente hablar de concausas, se trata sólo de dar respuesta al *por qué* se produjo el accidente concreto, precisando para ello una o varias causas, siempre que todas y cada una de ellas cumplan la condición de haber sido determinantes en el daño concretamente producido en el accidente y sin cuya existencia ese accidente no se habría producido, habría tenido lugar un accidente distinto, con diferentes daños o, pura y simplemente, no habría accidente ni, en consecuencia investigación.

Por tanto, habrá de entenderse por causa de un accidente todo hecho o circunstancia que, con independencia de su grado de influencia, produce o es determinante para la producción de un daño o daños concretos, algo que gráficamente se intenta reflejar en la figura 1.5.

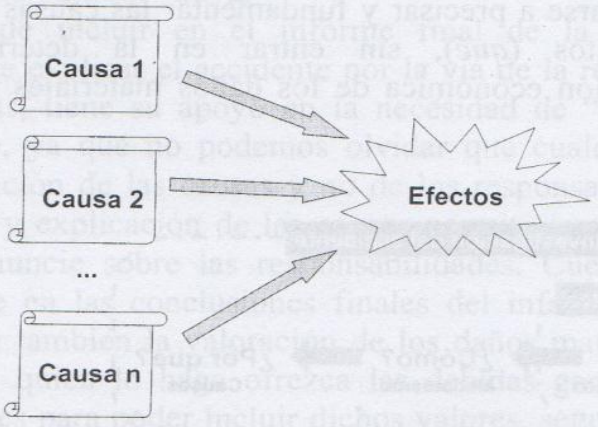


Figura 1.5 El accidente de tráfico. Relación causa-efecto

CONCEPTO DE ACCIDENTE DE TRÁFICO

Dicho lo anterior y teniendo en cuenta tanto lo señalado respecto al dato de la voluntariedad o no como de las causas, por accidente de tráfico debe entenderse:

© ITES - Paraninfo

Todo suceso eventual o acción que involuntariamente, como efecto de una o más causas y con independencia del grado de éstas, produce un daño concreto para las personas o las cosas en el contexto del tráfico por carretera.

Como puede comprobarse, la definición o concepto que se propone parte de aceptar la significación idiomática atribuida por la RAE, a la que se añaden los elementos conceptuales necesarios para situarla en el ámbito de la investigación de accidentes de tráfico, llegando a una propuesta coherente tanto con dichos elementos conceptuales como con los estrictamente técnicos, de tal forma que el previo hecho de aceptar y entender el accidente como se ha definido permite, por si mismo, enfrentarse a la investigación, en cualquiera de sus distintas fases, con el debido criterio, al tiempo que facilita el empleo de una metodología investigadora racional y eficaz, asegurando que el resultado último de dicha investigación sea, en todo caso, aportar datos, información y criterios objetivos para fundamentar las actuaciones posteriores, tanto en lo que concierne a las responsabilidades e indemnizaciones, como en lo que afecta a la propuesta de medidas correctoras que eviten la repetición de un mismo accidente, en lo que a causas, mecanismos y daños producidos se refiere.

1.3 ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ACCIDENTE

Siguiendo en la línea apuntada y partiendo tanto de la definición de accidente cuanto de las diferentes notas que la integran, la investigación de aquél debe mantenerse dentro de unos límites o, si se prefiere, limitarse a precisar y fundamentar las causas (*por qué*), el mecanismo (*cómo*) y los efectos (*qué*), sin entrar en la determinación de responsabilidades ni en la valoración económica de los daños materiales o personales, según ilustra la figura 1.6.

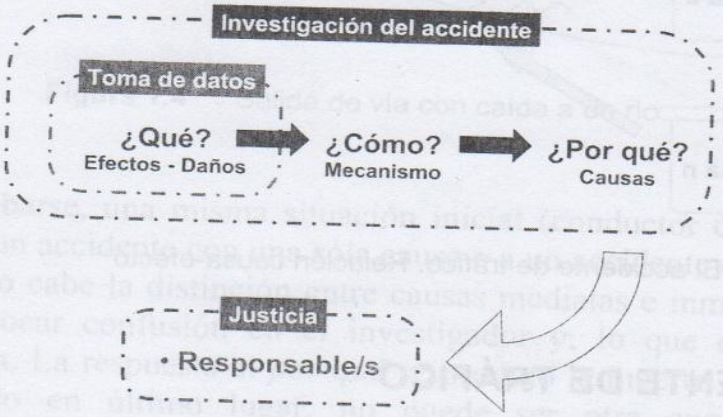


Figura 1.6 El accidente de tráfico y su investigación

© ITES - Paraninfo

Dentro del ámbito operativo de una investigación de un accidente de tráfico deben distinguirse claramente dos fases, la primera relativa a la toma de datos y la segunda la consiguiente a la elaboración del informe final.

La toma de datos es una fase de gran importancia y trascendencia en el resultado final de la investigación. Por más precisa que sea la realización de etapas posteriores y por más conocimientos o medios de que pueda disponer el investigador, poco podrá lograrse si se ha perjudicado la toma inicial de datos, ya que dadas las peculiaridades del tráfico y la circulación, muchos de los datos, restos o elementos necesarios no estarán disponibles al poco tiempo. Lo que debe quedar claro es la vinculación entre la toma de datos y el producto de la investigación en su conjunto y, en cierto modo, la relación de dependencia entre ambas, debiendo también tenerse muy presente que no puede, en ningún caso, identificarse la toma de datos con el informe final de la investigación y, mucho menos, con la investigación misma, ya que, en último término, aquélla es una parte de ésta.

Por la misma razón, tampoco el informe final de la investigación puede ser poco más que la sistematización de los datos recogidos, sin que se analicen, valoren o complementen con investigaciones posteriores. Es más, sería recomendable separar de forma clara, dentro del texto final del informe, la toma de datos del resto de la investigación (mecanismo de producción y causas).

Ha de insistirse en la necesidad de mantener la investigación dentro del contexto señalado, de tal forma que se responda adecuadamente a cada uno de los tres interrogantes ya citados, sin entrar en los ámbitos ajenos a la investigación, especialmente en lo que se refiere a la determinación de responsabilidades. A este respecto, una investigación bien hecha va a permitir siempre el pronunciamiento sobre las distintas responsabilidades existentes en el caso concreto, tarea ésta que corresponde a la autoridad judicial o, en su caso, a la administrativa.

La improcedencia de incluir en el informe final de la investigación cualquier conclusión que implique explicar el accidente por la vía de la responsabilidad de alguna de las partes implicadas, tiene su apoyo en la necesidad de "objetivar" al máximo la metodología de trabajo, ya que no podemos olvidar que cualquier investigación debe dirigirse a la determinación de las causas y no de los responsables. Por otra parte, una correcta determinación y explicación de las causas permite también que, quien proceda según el caso, se pronuncie sobre las responsabilidades. Cuestión distinta es que lo deseable pueda ser que en las conclusiones finales del informe resultado del proceso investigador, se incluya también la valoración de los daños materiales o personales. En este caso, siempre que quien lo haga ofrezca las debidas garantías de preparación y conocimientos suficientes para poder incluir dichos valores, seguramente la inclusión del valor de los daños materiales y personales, pudiera resultar útil para evitar ulteriores intentos defraudatorios, al tiempo que no impide que la valoración concreta pueda ser combatida por los medios habituales, en el caso de no estar conforme con la misma. Todo ello, en modo alguno puede hacerse extensivo, como ya se ha indicado, al ámbito de las responsabilidades, sobre éstas habrá de dejarse al Juez o a la autoridad administrativa el pronunciamiento correspondiente.

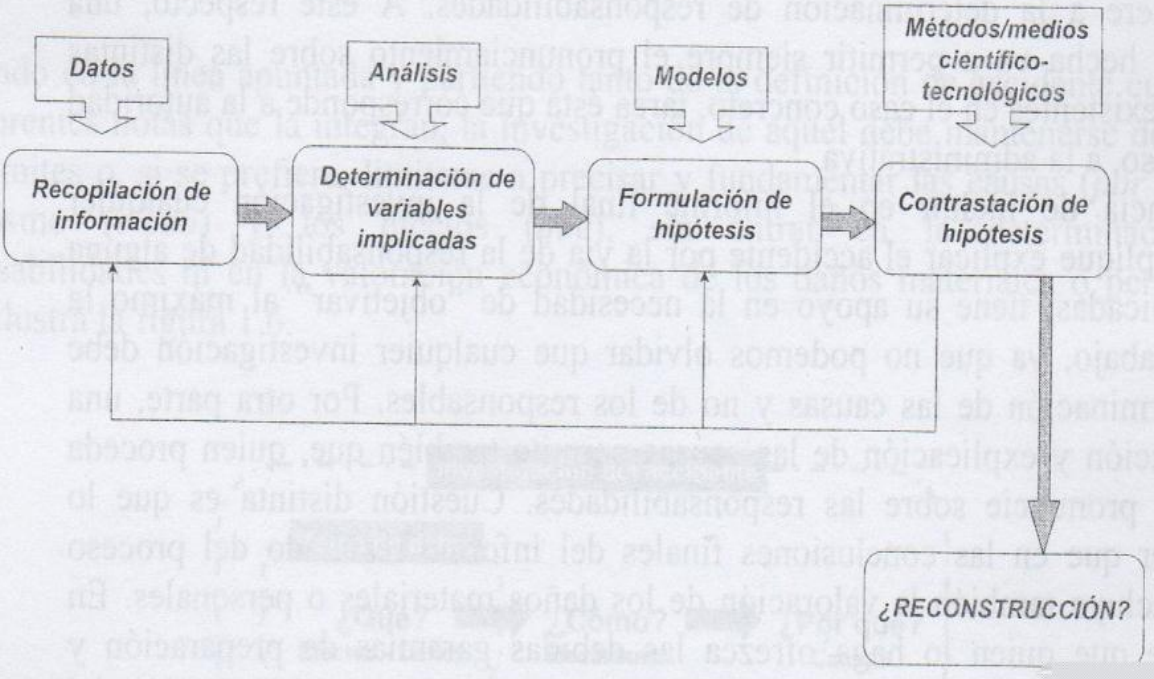
© *ITES - Paraninfo*

Por el contrario, en el informe han de incluirse, a modo de complemento de la explicación del accidente concreto, las sugerencias y propuestas de cualquier clase que se estimen convenientes para evitar, o cuando menos paliar la gravedad de los efectos, que ese mismo accidente pueda volver a repetirse de la misma forma y con la misma entidad de daños. Sólo la precisa determinación de causas y la inclusión de propuestas, en el sentido apuntado, pueden permitir adoptar o planificar soluciones eficaces que incidan positivamente en el índice de siniestralidad.

Según esto la investigación se basa en una recopilación de datos, para su posterior análisis y sistematización. Teniendo en cuenta los datos y variables influyentes se plantearán hipótesis, que después deberán contrastarse con medios y procedimientos científico-técnicos, lo más exactos y rigurosos posible.

La reconstrucción del accidente será uno de los productos de la investigación y su finalidad es determinar, con el máximo detalle posible, la secuencia directa y evolución del accidente en estudio. Se basará en la validación, estricta y rigurosa, de las hipótesis anteriormente enunciadas, en virtud de los datos e informaciones recopiladas.

Esta formulación y validación de las hipótesis estará basada en métodos científico-técnicos que, a través de modelos contrastados y cálculos y/o ensayos adecuados, deberá ser coherente y congruente con las evidencias físicas y los datos registrados. Supone la resolución del problema inverso, desde una metodología iterativa, que vaya corrigiendo y replanteando sucesivamente hipótesis de la evolución directa del accidente.



Toda investigación ha de permitir a las partes afectadas responder o exigir las responsabilidades a que haya lugar con la mayor seguridad jurídico-técnica, ha de servir para dotar al Juez de los elementos de juicio más completos y exactos para elaborar resoluciones lo más justas posibles, debe servir a la Administración para sustanciar las responsabilidades administrativas pertinentes con el máximo respeto a los derechos de los ciudadanos y, al mismo tiempo, con el menor margen de posibilidades de revocación en vía contenciosa, debe ser el soporte adecuado para que las entidades aseguradoras entiendan innecesario el acudir a la vía judicial y abonen las indemnizaciones con la mayor celeridad, pero también, y más importante que cualquier otro aspecto, debe servir de fundamento preciso para adoptar las medidas necesarias que eviten la repetición de ciertas tipologías de accidentes.

Para ello y, como primer paso, es necesario disponer de un buen equipo humano especializado en la investigación de accidentes de tráfico. Si a todo lo anterior añadimos la innegable dificultad del investigador para poder actuar con posterioridad al momento del accidente, habrá de estarse de acuerdo en la necesidad ineludible de que los equipos policiales "de campo" cuenten con la mejor técnica y formación posibles.

En suma, si importante es el informe técnico, también lo es la correcta recogida previa de información o toma de datos, precisamente por constituir la base de la que tienen que partir los expertos que lo elaboren.

1.4 RELACIÓN ENTRE ATESTADO, TOMA DE DATOS E INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Todo proceso investigador de un accidente de tráfico que pretenda ajustarse a la más adecuada de las metodologías, ha de tener presente las diferencias existentes entre las distintas partes o fases de la totalidad del proceso investigador, de una parte, y el resto de actuaciones posibles que puede ser necesario llevar cabo, de otra.

En relación con el proceso investigador, habrá de diferenciarse, incluso formal y documentalmente, la toma de datos (fase inicial de la investigación), y el informe final, éste en su condición de producto último de todo el proceso investigador. Debiendo llamarse la atención, en relación con lo hasta ahora expuesto, acerca de la no utilización de la que podíamos llamar clásica denominación de "informe técnico", sustituyéndola por la de "informe final" o, si se quiere, "informe final de la investigación". Cambio que se justifica en algo evidente e innegable como es que todo informe final de la investigación de un accidente va a contener aspectos técnicos, jurídicos y médicos.

El conjunto de actuaciones relacionadas con un accidente se documenta en lo que la Ley denomina atestado (al que se hace referencia con el debido detalle más adelante), del que forman parte las diligencias practicadas, además de la toma de datos y el informe final de investigación.

© ITES - Paraninfo

Respecto al atestado, mientras que en otros campos o actividades no se utiliza, tal como sucede cuando se produce un accidente laboral en los que habitualmente obra en las actuaciones el llamado "informe técnico" (elaborado por funcionarios cualificados dependientes de la autoridad laboral), en el tráfico y la circulación ya hace tiempo que ha tomado carta de naturaleza el atestado como documento que forma parte o motiva el inicio de las diligencias judiciales que se incoen en cada caso, si bien el atestado aparece sólo cuando se han producido daños personales, siendo inusual su utilización cuando sólo se ocasionan daños materiales, dadas las recientes modificaciones de cuantías en el Código Penal.

El empleo del atestado como se viene haciendo hasta la fecha plantea no pocos problemas jurídicos y, además, afecta directamente a la investigación del accidente, restándole eficacia a aquélla al impedir el conocimiento cierto de todas las causas que lo han provocado y la propuesta de posibles medidas a adoptar para evitar bien su repetición, bien la misma entidad de daños. Las actuales características del tráfico y la circulación en términos amplios, han incrementado la incidencia de la técnica en la actividad y mientras que en la práctica totalidad de los objetos regulados en las distintas leyes sectoriales se acepta, pacíficamente, la prueba pericial hecha por personas de reconocida y sólida formación, no sucede lo mismo en el caso de los accidentes, en los que la técnica acaba siendo relegada a un segundo plano fagocitada por una praxis investigadora de tipos penales con apoyos en una legislación del S. XIX.

Múltiples pueden ser las razones que pueden señalarse para explicar o justificar la actual situación. En primer lugar, se ha implantado un hábito de conducta, en el caso de los accidentes de tráfico con daños personales, que implica presumir que en el mecanismo generador del siniestro pueden existir razones o indicios suficientes para pensar que alguna de las conductas de las partes implicadas puede ser constitutiva de ilícito penal, por lo que en aplicación de lo previsto en la Ley de Enjuiciamiento Criminal los agentes de la autoridad han de proceder a elaborar el correspondiente atestado, en el que se recogerán las diligencias de prevención del delito, y al que se unirán el resto de contenidos que con más detalle se comentarán. Sin que tal práctica justifique una distinta pauta de conducta cuando se trata, por ejemplo, del delito o la falta de daños (caso posible cuando sólo se producen daños materiales). En segundo lugar, cualquier accidente de tráfico se enfoca desde la perspectiva de la determinación de culpables o responsables, cuando lo que debe hacerse es buscar las causas, algo que mientras persista hará muy difícil lograr un verdadero avance en la materia.

Sin perjuicio de ulterior desarrollo, es hora ya de llamar la atención acerca de la necesidad de replantearse la vigente legislación en la materia para conseguir objetivos nada desdeñables en el plano estrictamente jurídico.

Si atendemos a la nota esencial de lo que deba entenderse por accidente habrá de estarse de acuerdo en que, incluso semánticamente, la involuntariedad es la actitud mental atribuible a las personas implicadas en la generalidad de accidentes de tráfico. Siendo así, parece razonable que debería plantearse el introducir los cambios legislativos precisos para reducir a la dimensión correcta los casos concretos en los que deba utilizarse el atestado. Con ello podría conseguirse situar en el ámbito estrictamente civil una cantidad

© ITES - Paraninfo

nada despreciable de accidentes, dejando el atestado para aquellos en los que los agentes encuentran indicios y pruebas objetivas suficientes para entender que podría estarse ante una conducta tipificada en la norma penal. No puede entenderse descabellada la propuesta ya que basta con recordar las funciones atribuidas a los agentes de la autoridad en los juicios rápidos en lo que a calificación previa se refiere. Por otra parte, no puede ignorarse que en la mayoría de los accidentes el ejercicio de acciones penales está abocado al más estrepitoso fracaso, toda vez que tanto los propios hechos como el resultado de los principios interpretativos y de aplicación del Derecho Penal hacen que tal resultado no pueda ser otro. Todo ello sin olvidar la incidencia positiva en la carga de trabajo de los órganos judiciales y de los médicos forenses a ellos adscritos.

Limitar el empleo del atestado, salvo supuestos muy concretos y evidentes, impediría algunas de las prácticas actuales mediante las cuales se inician acciones penales para preconstituir prueba, a pesar de ser conscientes de la escasa o nula posibilidad de que prosperen, al tiempo que produciría una mayor eficacia en el trabajo tanto de los agentes como de los órganos y funcionarios antes citados y, al mismo tiempo, la inexistencia de atestado no tiene que suponer una merma en los posibles derechos de los afectados, quienes siempre podrían utilizar la denuncia o la querella si consideran que el accidente se produjo a causa de una conducta tipificada como delito o falta y una vez interpuesta ante el órgano judicial, éste podría recabar el informe técnico del accidente o cualquier otra clase de actuación policial que se hubiera producido y a la vista del mismo, y de las pruebas aportadas por las partes, pronunciarse sobre la procedencia o no de la admisión. En este caso, se habría conseguido, cuando menos y sin perjuicio para las partes, una reducción en la carga de trabajo de los agentes y, en todo caso, del médico forense como antes se apuntaba, puesto que en este caso siempre se puede contar con los informes médicos de los servicios que prestaron asistencia a las víctimas.

Sopesar la línea de cambio comentada implica, también, evitar que el atestado sea, en no pocas ocasiones, un conglomerado de aspectos muy distintos en el que se confunde la toma de datos, el informe técnico del accidente y las diligencias realizadas en estricto cumplimiento de la Ley de Enjuiciamiento Criminal y demás normas aplicables. En algunas ocasiones ni tan siquiera se hace una clara y precisa separación entre las distintas partes del atestado, como por otra parte debería hacerse si se tiene en cuenta el distinto valor y efectos jurídicos de cada una de ellas.

Se citaba antes los accidentes laborales y se decía que en ellos solía utilizarse el informe técnico y no el atestado, por cierto, circunstancia que no ha impedido hasta la fecha el ejercicio de acciones penales cuando las personas afectadas lo han considerado oportuno, y, sin embargo, estamos ante una manifestación más de "accidentes". Ante tal situación es lógico preguntarse por las razones que avalan el qué si se trata de un accidente de trabajo se presume la ausencia de voluntad o intención dañosa y no se hace atestado, mientras que se utiliza cuando los mismos daños personales se producen en un accidente de tráfico. Parece claro que no es fácil encontrar razones que expliquen y justifiquen tal distinción. De la misma forma que se han iniciado procesos formativos para los jueces y magistrados en materia de accidentes de trabajo, sin que se haya hecho lo mismo respecto al tráfico. A estos efectos, ciertamente no puede pretenderse que el

© ITES - Paraninfo

Juez se transforme en perito en múltiples ramas, aunque a lo mejor hay que ir pensando seriamente en los órganos judiciales especializados, pero de la misma forma que se intenta ampliar su nivel de conocimientos en materia de accidentes de trabajo para lograr una mejor aplicación de las normas, con muchas más razones (el número de víctimas es sensiblemente mayor) debería hacerse lo mismo en el caso de los accidentes de tráfico.

La propuesta o la reflexión que se plantea no es otra que sistematizar los procedimientos y las actuaciones, de tal forma que siempre que se haya producido un accidente, con daños personales, materiales o ambos, se lleve a cabo la toma de datos y el consiguiente informe técnico. Éste se hará llegar al órgano judicial cuando así se disponga y, tanto en este caso como cuando no ha habido petición en tal sentido, se utilizarán en forma adecuada las propuestas sobre seguridad vial si las hubiere, haciéndolas llegar a la Administración competente. El atestado sólo encontraría razón de ser y fundamento cuando en el desarrollo de la toma de datos los agentes hayan encontrado fundados indicios que pudieran ser suficientes para estimar cometido algún ilícito penal.

EL ATESTADO EN LA LEY DE ENJUICIAMIENTO CRIMINAL (LECR)

El atestado se encuentra regulado en el Título III de la Ley de Enjuiciamiento Criminal (arts. 282 a 298, ambos inclusive), al tiempo de referirse a la Policía Judicial y está, como no podía ser de otra forma, íntimamente vinculado a averiguación de los delitos, estableciendo tal labor investigadora como una de las obligaciones que recaen sobre todos aquellos funcionarios que tienen la condición de Policía Judicial.

La LECr pretende que la Policía Judicial realice las diligencias de investigación que resulten precisas para el esclarecimiento de hechos presuntamente delictivos y, al mismo tiempo, prevé que los funcionarios pongan en conocimiento de la Autoridad judicial o del Ministerio Fiscal lo ocurrido, sin cesar por ello en la práctica de dichas diligencias (art. 284). Todo ello con independencia de que se trate de un delito perseguible de oficio o a instancia de parte legítima, siendo preciso en este último caso que hayan sido requeridos para ello por las personas interesadas. A estos efectos la LECr dispone, literalmente, que "si el delito fuera de los que sólo pueden perseguirse a instancia de parte legítima, tendrán la misma obligación expresada en el párrafo anterior, si se les requiere al efecto".

Las diligencias de prevención cesarán a partir del mismo momento en que se presente en el lugar la autoridad judicial. En este caso deberán entregar al Juez tanto dichas diligencias como los efectos relativos al delito.

El atestado es el conjunto de las diligencias practicadas por los agentes de la autoridad, y en él se "especificarán con la mayor exactitud los hechos por ellos averiguados, insertando las declaraciones e informes recibidos, y anotando todas las circunstancias que hubiesen observado y pudiesen ser prueba o indicio del delito".

El sentido en el que la LECr regula el atestado se corresponde con uno de sus significados semánticos. A este respecto diccionario de la lengua lo define como "instrumento oficial en que una autoridad o sus delegados hacen constar como cierto

© *ITES - Paraninfo*

algo. Se aplica especialmente a las diligencias de averiguación de un delito, instruidas por la autoridad gubernativa o Policía judicial como preliminares de un sumario".

En cuanto a los posibles contenidos del atestado y además de las diligencias ya mencionadas, el art. 293 LECr prevé que aquél sea firmado por "las personas presentes, peritos y testigos que hubieren intervenido en las diligencias relacionadas" y aunque se diga en dicho precepto que "serán invitadas" a firmar, se trata más de una fórmula de cortesía, ya que en el caso de que alguna de las personas enumeradas se negara a firmar deberá hacerse constar la razón de tal negativa.

Posiblemente la mayor importancia, en lo que al atestado se refiere, la tenga lo dispuesto en el art. 297 LECr, en el que se establece lo siguiente:

> "Los atestados que redactaren y las manifestaciones que hicieren los funcionarios de Policía Judicial, a consecuencia de las averiguaciones que hubiesen practicado, se considerarán denuncias para los efectos legales.
>
> Las demás declaraciones que prestaren deberán ser firmadas, y tendrán el valor de declaraciones testificales en cuanto se refieran a hechos de conocimiento propio.
>
> En todo caso, los funcionarios de Policía Judicial están obligados a observar estrictamente las formalidades legales en cuantas diligencias practiquen, y se abstendrán bajo su responsabilidad de usar medios de averiguación que la ley no autorice".

De lo expuesto anteriormente pueden resumirse las notas más importantes y esenciales respecto al atestado. Así tenemos:

1. El atestado recoge las diligencias de prevención (en expresión de la propia LECr) practicadas por los funcionarios que tienen la condición de Policía Judicial en relación con la comisión de hechos presuntamente delictivos.
2. El atestado se hará tanto si el delito es perseguible de oficio como si lo es a instancia de parte interesada, siempre que, en este último caso, haya mediado el oportuno llamamiento o requerimiento por parte de las personas legitimadas.
3. En el atestado se insertarán las declaraciones e informes recibidos y lo firmarán todas las personas presentes que hubieran intervenido, sean peritos o testigos.
4. Las manifestaciones contenidas en el atestado que hayan sido hechas por los funcionarios de la Policía Judicial y estén fundamentadas en las averiguaciones practicadas, tendrán la consideración de denuncia.
5. El resto de declaraciones deberán referirse a hechos de conocimiento propio y, por tanto, tendrán la consideración de testificales.
6. En ningún caso la LECr dota de presunción de veracidad general al contenido del atestado.

© ITES - Paraninfo

Si se tiene en cuenta lo anterior, hay que llamar la atención sobre algunas cuestiones concretas que constituyen el núcleo central del problema que presenta el actual empleo del atestado en el ámbito de los accidentes de tráfico.

La mención expresa en la LECr a las "diligencias de prevención" como actuación ineludible y obligatoria de los funcionarios, y el tener en ellas su razón de ser el propio atestado, permite extraer tres conclusiones o afirmaciones. En primer lugar, siempre que se realicen diligencias de prevención habrá de hacerse atestado. En segundo lugar, la posible existencia de dichas diligencias sin atestado carece de cobertura legal. Por último, tanto las diligencias como el atestado deben hacerse aunque el delito no sea público o perseguible de oficio, debiendo entenderse el término delito como sinónimo de "ilicitud penal" y no como elemento diferenciador respecto a las faltas. Esto tiene especial razón de ser en el ámbito del tráfico y la circulación por la dificultad de existencia cierta de delito y por la habitualidad, en el peor de los casos y no por eso igualmente escaso, de las faltas.

La parte del contenido total del atestado que se refiera a manifestaciones de los funcionarios relacionadas y apoyadas en las averiguaciones hechas por ellos, tienen el valor de denuncia. Valor que supone dotar a tales contenidos de presunción de veracidad, pero que, al mismo tiempo, no puede hacerse extensivo a todo lo que pueda contener el atestado. La propia LECr (a pesar de sus más de 100 años) es consciente de tal circunstancia, de ahí las precisiones incluidas en el mismo artículo 297. Téngase en cuenta que cuando en nuestro Ordenamiento jurídico se utiliza el término "denuncia", se está haciendo referencia a supuestos de hecho constitutivos de delito, falta o infracción administrativa, y nada más. Si pensamos en un accidente de tráfico, pretender atribuir al contenido total del atestado presunción de veracidad es ir, pura y simplemente, más allá de lo permitido por la LECr. Y ello sin entrar en otra clase de consideraciones de mayor calado jurídico que excederían de la intención primordial de esta obra. No obstante, no olvidemos que en la mayoría de los accidentes de tráfico no existe reproche penal alguno, por lo que la denuncia también puede devenir inexistente y, por ende, la pretendida presunción de veracidad. Cuando un accidente ha de analizarse y resolverse desde el plano meramente técnico, resulta obligado extraer las conclusiones que procedan con exclusivo fundamento en la credibilidad técnica que pueda merecer el informe técnico incorporado al atestado, sin menosprecio ni menoscabo de las pruebas periciales que puedan practicarse a instancia de las partes o del propio órgano judicial, no pudiendo dotar de presunción de veracidad el informe técnico elaborado por funcionarios de Policía Judicial, entre otras razones por ser contrario a lo previsto en la Ley.

En cuanto al contenido del atestado, hay que llamar la atención sobre la previsión legal de que se incluyan los informes y declaraciones que se reciban, y puesto que la norma cita a los testigos y peritos, nada parece impedir que al tiempo de ocurrir un accidente de tráfico pueda comparecer en el lugar, a instancia de alguna de las partes afectadas, de los funcionarios policiales o del propio Juez, un perito en la materia que elabore el correspondiente informe para ser incorporado al atestado.

© *ITES - Paraninfo*

Por lo que se refiere a las declaraciones de los funcionarios policiales contenidas en el atestado y que no deban tener la consideración de denuncia, la LECr establece que se considerarán "declaraciones testificales" siempre que se refieran a hechos de conocimiento propio. Esta previsión legal justifica la llamada de atención acerca de un hecho habitual en los accidentes de tráfico, que no es otro que la llegada al lugar del siniestro de los funcionarios policiales con posterioridad a los hechos. Esto hace que cualquier mención respecto a los hechos no puede ser tenida en cuenta al faltar el conocimiento directo y personal. Cuestión distinta es cuando, al tiempo de llegar el equipo responsable de la elaboración del atestado, ya se encuentran en el lugar otras personas u otros agentes, en cuyo caso deberán tomarse tanto los datos personales como sus declaraciones, uniéndolas al atestado, por si pudieran resultar de interés en su momento y porque dichas personas sí pueden tener la consideración de testigos por su proximidad en el tiempo y en el lugar con los hechos.

EL ATESTADO Y EL CÓDIGO PENAL

A modo de complemento y refuerzo de lo que se ha expuesto y del núcleo central de argumentación que se pretende, no resulta ocioso hacer un breve recordatorio a algunos de los principales contenidos del vigente Código Penal (en adelante CP) que pueden estar más directamente relacionados con el tráfico.

Partiendo de aceptar que el atestado sólo encuentra su razón de ser cuando los hechos pudieran ser constitutivos de ilícito penal, si nos centramos en los accidentes de tráfico puede estarse de acuerdo en que en todos aquellos casos en los que no exista indicio alguno de dicha ilicitud, el atestado carece de sentido.

Tanto las causas como el mecanismo productor de un accidente y el resto de circunstancias concurrentes, pueden suponer la comisión de un delito de homicidio imprudente del artículo 142.2 CP, siendo hipotéticamente posible la comisión del delito de homicidio del artículo 138 CP e, incluso, del de asesinato del 139 CP, aunque para que se dieran los dos últimos supuestos las circunstancias del accidente tendrían que ser ciertamente especiales, algo que no resulta tan poco probable si pensamos en el homicidio por imprudencia. En todo caso, en cualquiera de los delitos mencionados habrá de convenirse en la necesidad de una buena toma de datos y posterior investigación del accidente de tráfico, máxime si tenemos en cuenta que el presupuesto en esta clase de hechos es siempre la involuntariedad de los mismos, de ahí que, salvo supuestos muy excepcionales, las máximas condenas vienen determinadas por la apreciación de una conducta imprudente.

En la misma línea apuntada y con el fin de agotar al máximo las posibilidades delictivas en un accidente, cabría la autoría de un delito de aborto por imprudencia grave del artículo 146 CP o de un delito de lesiones al feto por imprudencia grave del artículo 158 CP, puesto que dicho cuerpo legal, en el primer párrafo de dichos preceptos, no introduce matiz alguno que impida tal posibilidad.

© ITES - Paraninfo

Lo mismo que se dijo en relación con el homicidio, cabe señalarlo respecto a los delitos de lesiones de los artículos 147, 149, 150 y 152 CP, si bien este último precepto se refiere en especial a los vehículos a motor y a la imprudencia, dato éste que permite llamar la atención de la forma y preceptos concreto en los que se hace alusión tanto a los vehículos a motor cuanto a la imprudencia. Todo ello parece dejar bastante claro que hay, en el ánimo del legislador, una cierta tendencia a valorar que la nota de la involuntariedad de un accidente puede agravarse, en lo que a intensidad del reproche penal se refiere, cuando resulta probada la imprudencia, sin que parezca que se parta de entender que con los vehículos a motor pudieran cometerse delitos de mayor entidad. La forma habitual de producirse los accidentes de tráfico, por su involuntariedad e imprudencia ocasional, es lo que hace que difícilmente se condene por algunos de los tipos penales hasta ahora mencionados, siendo incluso excepcional la condena por homicidio o lesiones por imprudencia grave.

También puede cometerse, con ocasión de un accidente, el delito de omisión del deber de socorro del artículo 195 CP.

Más factible y frecuente es el delito de robo y hurto de uso de vehículos a motor del artículo 244 CP, de la misma forma que puede serlo el delito de daños, bien el del artículo 263 CP, bien el del artículo 267 CP en lo que a daños por imprudencia grave y cuantía superior a 80.000 € se refiere, supuesto éste en el que se exige la denuncia de la persona agraviada para su persecución.

Posiblemente la "estrella" de los tipos penales en al ámbito del tráfico y la circulación sean los delitos contra la seguridad del tráfico como son la conducción bajo la influencia de drogas o bebidas alcohólicas del 379 CP, la conducción con temeridad manifiesta del 381 CP, la colocación en la vía de obstáculos y daños en la señalización del 382 CP, y la conducción temeraria con consciente desprecio por la vida de los demás del artículo 384 CP.

También cabe la comisión de faltas, más habituales en lo que su apreciación y consiguiente condena se refiere, como puede ser la falta de lesiones del artículo 617 CP y de lesiones por imprudencia grave del 621.1 del mismo cuerpo legal, la de muerte por imprudencia leve del 621.2 CP, la de lesiones constitutivas de delito por imprudencia leve del 621.3 CP (teniendo en cuenta que en el caso de las faltas del 621 CP es necesaria la denuncia de la persona agraviada o su representante legal), la falta de hurto, si el valor no excede de 400 €, del artículo 623.3 CP, la falta de daños del artículo 625 CP (para la que se exige intención de causar el daño) siempre que el importe no exceda de 400 €, habiéndose suprimido el tipo penal de la falta de conducción sin seguro obligatorio del 636 CP.

Si tenemos en cuenta que la totalidad de las faltas tipificadas en el artículo 621 CP son perseguibles a instancia de parte y si tal previsión la relacionamos con lo dispuesto en el artículo 639 CP, párrafo segundo, cuando establece que "la ausencia de denuncia no impedirá la práctica de diligencias a prevención", habrá de convenirse en algunas cuestiones concretas. En primer lugar, la inicial improcedencia del atestado, en el que se recogen las diligencias de prevención, sólo cabría plantearla respecto a las faltas del 621 CP, debiendo confeccionarse en el resto de supuestos, bien por tratarse de delitos, bien

© *ITES - Paraninfo*

por ser faltas perseguibles de oficio. En segundo lugar, la mención contenida en el Código Penal de las "diligencias a prevención", implica una obligación en todo caso, ya que no se exige la denuncia de la persona agraviada, pero, en último término, la diferencia de tenores literales entre la Ley de Enjuiciamiento Criminal y el Código Penal se limita a una preposición, ya que mientras la LECr alude a las "diligencias de prevención", el CP cita las "diligencias a prevención", diferencia que no parece pueda servir de justificación bastante para no confeccionar atestado en todos los casos, trátese de daños personales, materiales, delitos o faltas. No obstante hay que tener en cuenta que en el contexto del tráfico, no procederá la práctica de diligencias si los daños no exceden de 400 €, siempre que no resulte acreditado que hubo intención de causarlos, al igual que sucederá en el caso de daños culposos de cuantía igual o inferior a 80.000 €. Sin embargo, habrá de estarse de acuerdo que en modo alguno podrá tenerse conocimiento cierto de la existencia o no en la producción del daño o del grado de imprudencia, si no se hace toma de datos y posterior investigación, tal proceder viene a reforzar la necesidad de replanteamiento de la actual situación, de una parte, y, de otra, la de unificar las pautas de trabajo en la materia.

Procedencia del atestado que en nada se contradice con lo propuesto acerca de su supresión o modificación en el ámbito concreto de los accidentes de tráfico, por las razones ya señaladas anteriormente.

ALGUNOS PRONUNCIAMIENTOS JUDICIALES SOBRE EL ATESTADO

En el plano de las resoluciones judiciales, hay que poner de manifiesto que de no tenerse en cuenta las precisiones antes apuntadas, el sentido de la resolución final se alejará bastante de la realidad de lo ocurrido y, al mismo tiempo, producirá resultados que en no pocas ocasiones serán claramente injustos. Si se hace un repaso a las resoluciones de los Tribunales, el atestado ha sido objeto de precisiones en sentencias de todos los niveles jurisdiccionales y también del propio Tribunal Constitucional.

En la STC 138/1992, de 13 de octubre, el Tribunal señala que "el atestado equivale, en principio, a una denuncia, pero también tiene virtualidad probatoria propia cuando contiene datos objetivos y verificables, que expuestos por los agentes de la Policía Judicial con su forma y las demás formalidades exigidas por los arts. 292 y 293 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal, han de ser calificados como declaraciones testificales".

La STC 173/1997, de 14 de abril, recoge la doctrina constitucional en relación con el valor del atestado[1], indicando que "Sólo puede concederse al atestado valor de auténtico elemento probatorio si es reiterado y ratificado en el juicio oral, normalmente mediante la declaración testifical de los agentes de policía firmantes del mismo [...] el atestado tiene

[1] El TC cita en esta sentencia las siguientes resoluciones, entre otras: SSTC 107/1983, 100/1985, 101/1985, 145/1985, 173/1985, 49/1986, 145/1987, 5/1989, 182/1989, 201/1989, 24/1991, 132/1992, 138/1992, 303/1993, 51/1995 y 157/1995.

© ITES - Paraninfo

virtualidad probatoria propia cuando contiene datos objetivos y verificables, pues hay partes del atestado, como pueden ser croquis, planos, huellas, fotografías que, sin estar dentro del perímetro de la prueba preconstituida o anticipada, pueden ser utilizados como elementos de juicio coadyuvantes, siempre que sean introducidos en el juicio oral como prueba documental a fin de posibilitar su efectiva contradicción por las partes [...] el atestado policial no tiene la consideración de prueba documental, sino única y exclusivamente de denuncia".

Por su parte el Tribunal Supremo ha tenido también ocasión de pronunciarse al respecto en sus resoluciones, siendo de destacar la STS de 23 de enero de 1987, ratificada por otras posteriores, en la que se establece lo siguiente:

- No se le puede atribuir otro valor que el de mera denuncia.
- Tendrán el valor de dictámenes periciales, especialmente si se ratifican a presencia judicial durante las sesiones del juicio oral [...] cuando se trate de dictámenes o de informes prestados por los Gabinetes de los que actualmente dispone la Policía, tales como los de dactiloscopia, identificación, análisis, químicos, balísticos y otros análogos.
- Tendrán el valor de verdaderas pruebas, sometidas como las demás a la libre valoración por los Tribunales, cuando se trate de diligencias objetivas y de resultado incontestable.

A otro nivel de resoluciones judiciales, la Sentencia de la Audiencia Provincial de Barcelona de 26 de enero de 2004, al referirse a la presunción de veracidad del atestado señala que tal presunción se concreta a "manifestaciones relativas a hechos o circunstancias observados por ellos" y aunque nada se dice que, al mismo tiempo, tales hechos han de ser constitutivos de delito, falta o infracción administrativa, así debe entenderse en el contexto general de la resolución.

La Sentencia de la Audiencia Provincial de Orense de 15 de enero de 2004, al aludir al mecanismo de producción de un accidente de tráfico señala que "obviamente, el informe sobre la apreciación de producirse el accidente obrante en el atestado es una simple apreciación subjetiva".

Más explícita resulta la Sentencia de la Audiencia Provincial de Guadalajara de 13 de enero de 2004, en la que se dice, literalmente que "es copiosa la Jurisprudencia que establece que el atestado, en principio, no tiene otro valor que el de simple denuncia, no lo es menos que dicha doctrina igualmente señala que aquel también tiene virtualidad probatoria en cuanto se refiere a datos objetivos y verificables y que existen partes de las diligencias policiales, como pueden ser los efectos o instrumentos del delito, el hallazgo de drogas, armas, documentos o cualquier otro objeto, los croquis sobre el terreno, las fotografías en él obtenidas y la comprobación de la alcoholemia, entre otras, que, sin encajar plenamente en el perímetro de prueba preconstituida o anticipada, pueden ser aprovechables como elementos de juicio coadyuvantes y que se aproximan a aquellas en cuanto no son practicables directamente en el plenario por ser imposible su reproducción en idénticas circunstancias, STC 14-10-1997, 29-9-1997, 6-11-1995 y 13-10-1992 y ATC

© *ITES - Paraninfo*

26-2-1996, que cita Ss.TC 107/93, 201/89 y ATC. 637/87 y en análogo sentido STS 8-4-1996...".

La Sentencia de la Audiencia Provincial de Barcelona de 13 de enero de 2004, da valor preferente a una declaración testifical, señalando que "ha de prevalecer en el supuesto que nos ocupa, por su objetividad y conocimiento de los hechos (testigo presencial) el testimonio de Doña Amanda, frente al atestado levantado por la fuerza actuante que compareció al lugar de los hechos con posterioridad al accidente".

Por último, puede ser ilustrativa a los efectos que interesan la Sentencia de la Audiencia Provincial de Madrid de 29 de setiembre de 2003, en la que se dice que "si bien es cierto que en el juicio crítico del accidente emitido por los funcionarios de Policía Municipal que confeccionaron el atestado se señala que "con la huella de frenada de 15,5 metros la velocidad a la que circulaba el taxi oscilaría entre 50 y 55 km por hora, dicho juicio crítico no puede considerarse como un elemento objetivo a valorar en el acto juicio oral".

Esta pequeña muestra de algunas resoluciones judiciales, junto con lo antes indicado al hacer referencia a la regulación en la LECr del atestado, viene a reforzar la necesidad de replanteamiento del actual sistema de trabajo en materia de intervención e investigación de accidentes de tráfico, al tiempo que potencia el destacado papel y la importancia de la Toma de Datos como fase previa y parte de la investigación correcta de lo sucedido. Si se relega o limita el uso del atestado y, al mismo tiempo, se potencia y sistematiza la metodología de la Toma de Datos y de la ulterior investigación, se interpretará y aplicarán los datos y las conclusiones en los mejores términos posibles, tanto desde el plano meramente civil como en el de la seguridad vial y consiguiente reducción del índice de accidentes.

1.5 OBJETIVO DE LA TOMA DE DATOS

El objetivo de la toma de datos en la investigación de un accidente de tráfico es:

> *Recopilar los datos, tanto técnicos, como médicos y jurídicos sobre los diversos elementos intervinientes en el accidente (vehículos, personas, entorno e infraestructuras) para, posteriormente, poder determinar las causas que lo produjeron y tomar las medidas adecuadas para evitar o disminuir las consecuencias de futuros accidentes y, al mismo tiempo, permitir sustanciar las responsabilidades a que haya lugar y determinar los distintos conceptos indemnizatorios y sus respectivas cuantías.*

Esto implica que dentro de las diversas tareas señaladas en la figura 1.6, la toma de datos es la primera fase de una investigación de un accidente de tráfico. A partir de concepciones modernas, las personas que realizan la toma de datos y las que finalizan la investigación, indicando las causas o posibles medidas correctivas y/o preventivas, no

© ITES - Paraninfo

tienen porque ser las mismas. Es por ello que el resultado de la toma de datos debe ser, de forma ideal, un conjunto de datos objetivos que permitan continuar con las siguientes fases de la investigación.

1.6 EL ACCIDENTE Y LOS DATOS

Como se ha comentado anteriormente, en la investigación de un accidente de tráfico confluyen diferentes tareas a realizar propias de la investigación del accidente como son la toma de datos, la propuesta, análisis y comprobación de hipótesis, la determinación de las causas, en caso de ser posible y la realización de propuestas de mejoras. De forma general la información a recopilar en un accidente de tráfico serán:

- Datos generales de identificación del accidente.
- Datos de las personas implicadas en el accidente.
- Datos de las personas que sin estar directamente implicadas en el accidente puedan tener la condición de testigos o perjudicados.
- Descripción de la vía y del entorno (escena del accidente).
- Datos generales de los vehículos implicados.
- Descripción detallada del o de los vehículos implicados.
- Indicios en la vía, huellas, restos, marcas, restos orgánicos, etc.
- Cuadros lesionales de las personas implicadas.
- Otras informaciones complementarias.

Además, hay que tener en cuenta que los restos y evidencias objetivas del accidente no perduran de forma indefinida en la escena. De forma general los datos a recoger pueden ser clasificados en dos grandes grupos, según su "volatilidad" o tiempo que tardan en desaparecer o perder alguna de sus características:

- Inmediatos o efímeros, su duración puede ser de segundos o como mucho minutos
    - Relativos a la escena
        - Condiciones de visibilidad. Obstrucciones visuales móviles
        - Condiciones de iluminación
        - Marcas de neumáticos, en particular las menos marcadas (sombras) serán las más efímeras
        - Restos de los vehículos, en particular fluidos y partículas pequeñas
        - Marcas y huellas de otras partes de los vehículos sobre la calzada o elementos anejos
        - Condiciones meteorológicas
        - Condiciones del tráfico (intensidad, composición, densidad, nivel de servicio,...)
        - Estado particular del firme, en particular el nivel de agua en la calzada, hielo, contaminantes,... previos al accidente
        - Señalización y dotaciones viarias provisionales o temporales

© *ITES - Paraninfo*

- Relativos a los vehículos
  - Posiciones de los vehículos que interrumpen el tráfico
  - Condiciones del contacto entre los vehículos y la carretera – Evaluación de la adherencia
- Relativos a las personas implicadas
  - Posiciones de las víctimas
  - Restos orgánicos tales como sangre, cabellos, tejido epitelial,...
  - Declaraciones de implicados y testigos
  - Aspectos médicos y psicológicos como son la influencia de tóxicos, drogas, fatiga,...

- Evidencias que pueden durar horas o días
  - Relativos a la escena
    - Titular/es de la/s vía/s
    - Geometría (alzado, planta y sección transversal) de la carretera
    - Visibilidad disponible y obstrucciones visuales fijas
    - Nudos y enlaces
    - Explanaciones y obras metálicas y de fábrica
    - Tipo y estado general del pavimento y modificaciones y marcas producidas por el accidente
    - Elementos de drenaje y desagüe
    - Señalización y dotaciones viarias
    - Usos del suelo colindante y senderos

  - Relativos a los vehículos
    - Condiciones de circulación y carga
    - Documentación general (permiso de circulación, tarjeta ITV, seguros, otras documentaciones)
    - Tipo, estado, defectos y marcas en ruedas y neumáticos
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en el sistema de suspensión
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en el sistema de dirección
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en el sistema de frenos
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en el motor y sistema de tracción
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en los elementos de seguridad pasiva
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en el sistema de iluminación y lámparas
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en la carrocería y estructura – Medida de deformaciones
    - Tipo, estado, características, defectos y daños en los elementos del interior del vehículo

© *ITES - Paraninfo*

- Relativos a las personas implicadas
  - Lesiones y mecanismos lesionales provenientes de actuaciones médico-forenses
  - Deficiencias físicas o psíquicas

Tabla 1.1 Resumen de datos básicos y generales sobre un accidente de tráfico

	Fase del accidente		
	Antes	**Durante**	**Después**
Factor humano	Características de la percepción y tiempos de reacción. Percepción posible Percepción real Condiciones y características somáticas y psíquicas	Actuación o no de los sistemas de retención Movimientos de los ocupantes, peatones y otras personas implicadas Lesiones originadas en el impacto	Lesiones producidas por vuelcos, eyecciones, colisiones secundarias, incendio Posiciones finales
Vehículos implicados	Características generales de circulación Cargas Configuración general Ruedas y neumáticos Suspensión Dirección Sistema de frenado Tracción y transmisión Iluminación Seguridad activa/pasiva Maniobras	Punto de impacto Velocidad de colisión Ángulo de colisión Maniobras y trayectorias Daños y deformaciones	Ángulos de salida Colisiones secundarias Posiciones finales
La vía y el entorno (escena del accidente)	Características geométricas, constructivas, operativas y funcionales de la carretera y entorno Visibilidad Obstáculos fijos y móviles Aspectos atmosféricos Iluminación Marcas y restos previos	Huellas y restos tanto en la carretera como en el entorno producidas tanto por neumáticos, partes metálicas, fluidos, plásticos, vidrios, orgánicos,...	Huellas y restos en la escena del accidente

Es por ello que la metodología a desarrollar en la toma de datos de un accidente debe evaluar adecuadamente la situación a analizar, determinando las tareas a realizar con su prioridad. A continuación se muestra un ejemplo de secuenciación de tareas y su protocolo de actuación en la toma de datos para la investigación de un accidente de tráfico:

1. Garantizar las condiciones de seguridad tanto para los implicados, como para peatones, otros vehículos y equipos de asistencia y socorro.

© *ITES - Paraninfo*

2. Fijar un perímetro de seguridad y control alrededor del lugar del accidente, con objeto de no alterar pruebas, restos y evidencias, al mismo tiempo que limita el acceso de gente que dificulta o impide las tareas de asistencia e investigación.
3. Registro gráfico, mediante fotografía o video de la escena del accidente, incluyendo las acciones realizadas por los equipos de rescate y asistencia. Se tomarán detalles de las modificaciones realizadas, por ejemplo, en las posiciones de las víctimas, peatones,... Se registrarán las acciones destinadas al rescate de personas implicadas (excarcelación) y las modificaciones realizadas en los vehículos y elementos anejos a la vía.
4. Realización de un croquis básico sobre los restos y evidencias objetivas presentes en la escena. Deberá al menos recogerse las posiciones finales de los vehículos, restos, huellas, marcas, así como características fundamentales para la caracterización de la escena. Las dimensiones se pueden tomar una vez que se ha terminado de confeccionar el croquis.
5. Medida y registro detallado de todas las marcas y restos de la escena del accidente. Puede hacerse por triangulación respecto a dos o más puntos de referencia fácilmente identificables posteriormente.
6. Medida y registro de los daños producidos en los vehículos.
7. Evaluación de la adherencia de los diferentes neumáticos de cada vehículo.
8. Evaluación de la carga, posicionamiento y estiba en los vehículos implicados.
9. Registro fotográfico o de video de la escena del accidente, de las condiciones de visibilidad, cambios de rasante, perspectivas desde los puntos de vista de los diferentes elementos intervinientes, identificando puntos concordantes con los planos generales y de detalle de la escena.
10. Levantamiento topográfico de la escena del accidente y posicionamiento de los restos, marcas, posiciones finales, obstrucciones visuales,... Confección de planos generales y de detalle.
11. Análisis de los sistemas de señalización, balizamiento, contención de vehículos y control del tráfico.
12. Examen detallado de los vehículos implicados, estudio de documentación, datos generales de identificación, ruedas y neumáticos, suspensión, dirección, frenos, motor y sistema de tracción, carrocería y elementos exteriores, elementos interiores, elementos de seguridad pasiva, elementos de iluminación y lámparas, vidrios, espejos y otros elementos de visión.
13. Ensayos y estudio de laboratorio de los sistemas y elementos necesarios, tanto del vehículo como de la escena (sistemas de retención, señalización, control, iluminación,...).
14. Análisis de otros datos necesarios para una correcta investigación del accidente, como son titular de la vía, encargado de mantenimiento, servidumbres, proyecto de trazado o remodelación,...
15. Recopilación de datos sobre informes médico-forenses relativos a lesiones, mecanismos lesionales, informes toxicológicos, historiales médicos, formación, actividades previas al accidente,...

© ITES - Paraninfo

Está claro que todas las tareas reseñadas no tienen que ser realizadas de forma inmediata. Es por ello que hay que entender que la fase de toma de datos puede dilatarse en el tiempo algo más que los minutos u horas posteriores al accidente, por la necesidad por ejemplo de realizar pruebas o análisis detallados o para realizar un levantamiento adecuado de la escena. Hay que indicar que como primera fase de la investigación, no tiene sentido comenzar las fases posteriores conducentes a la realización del informe técnico final (resultado de la investigación del accidente) si no se ha completado la fase inicial de toma de datos.

1.7 LA ACTITUD EN LA TOMA DE DATOS

En cualquier profesión la actitud que adoptemos respecto a nuestro cometido afectará, positiva o negativamente, al resultado que obtengamos. Obviedad que no por tal debemos dejar de recordar ya que todos tenemos cierta tendencia a olvidar o pasar por alto lo obvio, quizás por considerarlo algo que se da por supuesto. El principal enemigo de cualquier investigador, sea cual sea la función concreta que realice, son aquellas realidades, en ocasiones meras apariencias, que implican dar algo por supuesto (no toda persona que en un accidente encontramos detrás del volante tiene que ser necesariamente el conductor en el momento de producirse, por citar sólo un ejemplo sencillo).

La actitud con la que debe enfrentarse a un accidente concreto quien tiene la misión de obtener la mayor y mejor información posible, tiene que estar totalmente desprovista de prejuicios. En este sentido, lo más aconsejable es que o bien se empiece por acopiar la información que proceda basada en datos objetivos y luego se obtenga la información derivada de las declaraciones de las partes y testigos, en su caso, o bien ambas tareas las realizan personas distintas, pero en ningún caso quien pretenda extraer conclusiones ciertas puede escuchar primero las versiones y luego analizar la vía, el vehículo, vestigios, huellas, restos, etc., por el riesgo de contaminación que puede producirse en el desarrollo de una tarea meramente técnica. Una buena toma de datos debe permitir obtener información suficiente del accidente, que luego deberá encajar perfectamente con las declaraciones, pero nunca deberá hacerse coincidir los aspectos técnicos con las declaraciones. Cuando lo declarado no encaja con los resultados obtenidos a través de las técnicas, deberemos volver atrás y repasar lo hecho, en la mayoría de los casos se encontrará algo que no hace que todas las piezas encajen. Hay que tener en cuenta, de forma complementaria, que las manifestaciones pueden presentar una mayor divergencia con lo ocurrido con el transcurso del tiempo desde que ocurrió el accidente.

© *ITES - Paraninfo*

1.8 OTRAS ACTIVIDADES EN LA ESCENA DEL ACCIDENTE

Como complemento, cabe citar que existen además otras actividades que también deben realizarse de forma adyacente, que aunque no corresponden directamente al investigador, sí pueden influir en su trabajo, si acude con prontitud al lugar del accidente:

1. Seguridad para evitar accidentes posteriores, por medio de:
   - ✓ Señalización adecuada sobre todo en situación de visibilidad reducida, noche,...
   - ✓ Regulación del tráfico
   - ✓ Evaluación y protección del riesgo de incendio, prestando especial atención a temas tales como:
     - o Sustancias peligrosas, para ello habrá que examinar el interior de los vehículos por si hay sustancias peligrosas e inflamables
     - o Analizar los puntos "calientes" donde puede iniciarse el fuego, explosiones o deflagraciones, como son el motor, escapes próximos a depósitos de combustible...
     - o Apagar los motores
     - o Apagar las luces
     - o Desconectar las baterías y sistemas de acumulación de energía
     - o Establecer un perímetro de seguridad
     - o Evitar el acceso con llamas a la zona de seguridad
     - o Separar las sustancias y elementos inflamables de las zonas potencialmente peligrosas
     - o Intentar apagar el fuego existente con extintores, tierra, mantas,...
   - ✓ Atención al estado de los airbag del vehículo, prestando especial cuidado cuando no se hayan activado. Su activación accidental puede causar lesiones a los ocupantes o al personal de intervención y rescate:
     - o Quitar el contacto del vehículo o desconectar la batería. Esto no evitará que en minutos posteriores se puedan activar de forma accidental, puesto que los sistemas poseen una batería propia cuya duración suele ser inferior a 15 minutos
     - o No apoyarse en la tapa de revestimiento del airbag
     - o No colocar objetos ni herramientas sobre los revestimientos, pueden salir despedidas
     - o No manipular la columna de dirección
     - o Evitar el sobrecalentamiento, en un incendio se pueden activar o se pueden producir deflagraciones del gas que contienen
     - o No intentar cortar o perforar las unidades de airbag que no se hayan desplegado después del accidente

© ITES - Paraninfo

- Los airbag laterales suelen llevar sistemas de activación independientes de los frontales y en muchos casos no necesitan tensión de batería para su activación. En estos casos se tendrá especial cuidado cuando haya habido una deformación lateral importante, tratando de desconectar el sistema de activación que está debajo del asiento o en la talonera
- Si los airbags se han activado en el accidente se tratará de evitar el contacto de los ojos y heridas de los accidentados o del personal de intervención con el polvo residual de la bolsa, con el fin de que no se produzcan irritaciones e infecciones
- No es aconsejable tocar los residuos blancos que pudieran salir de los airbag, aunque no son tóxicos pueden ser irritantes para la piel

✓ Identificar sustancias peligrosas:

- Explosivos, especialmente compuestos químicos que pueden explosionar por ignición, fricción o percusión
- Líquidos y sólidos inflamables, que pueden resultar peligrosos al entrar en contacto con el fuego o elementos a temperaturas elevadas
- Materiales oxidantes, que pueden inducir reacciones químicas, que produzcan la combustión de otras sustancias
- Líquidos corrosivos, que pueden ocasionar daños importantes al entrar en contacto con otros elementos o sustancias
- Irritantes, que producen vapores molestos o peligrosos al entrar en contacto con el aire o el fuego
- Materiales radioactivos que emiten radiaciones que afecten a organismos vivos
- Gases o líquidos comprimidos en recipientes a presión

✓ Identificar situaciones potencialmente peligrosas como tendidos eléctricos, conducciones de gases, líquidos inflamables, posibilidad de contaminación medioambiental,...

✓ Atención a posibles influencias del entorno como desprendimientos, aludes,...

2. Atención a las víctimas y personas implicadas en el accidente. Teniendo en cuenta que la acción del personal sanitario y las labores de excarcelación y auxilio a pueden modificar aspectos importantes en la toma de datos y posterior análisis e investigación. En estas operaciones habrá que localizar a las víctimas, trasladarlas a lugar seguro, para proporcionar los primeros auxilios de la forma mejor y más segura, al amparo de las inclemencias del tiempo u otros peligros. Habrá que intentar además proveer a las víctimas de ropas de abrigo y primeros auxilios sencillos como la actuación sobre hemorragias o reanimación cardio-pulmonar.

3. Protección de los datos y evidencias del lugar del accidente, tanto relativas a vehículos, como personas implicadas y de la escena del accidente, para que no se

© *ITES - Paraninfo*

pierda información al intentar restablecer el tráfico. Para ello puede ser necesario marcar la posición de los vehículos, víctimas, restos, huellas,...

4. Regulación de la circulación en la escena del accidente, ya que en caso contrario puede agravarse la situación con accidentes posteriores inducidos por una situación no controlada. Esta regulación deberá regirse por los siguientes aspectos:
   - ✓ Seguridad en el tráfico, según se ha comentado anteriormente.
   - ✓ No modificación o alteración de datos, pruebas y evidencias objetivas importantes para la investigación del accidente.
   - ✓ Asegurar el espacio suficiente para los equipos sanitarios o de rescate que puedan llegar posteriormente, incluida su rápida salida con los heridos.
   - ✓ Estar vigilantes a las retenciones que puedan producirse, pues dificultarán la llegada a la escena del accidente de los diferentes equipos tanto de asistencia como de investigación. A cuyo efecto no puede limitarse la atención al punto concreto del accidente.
   - ✓ En caso de no poder asegurar estos aspectos, será recomendable desviar la circulación por itinerarios alternativos, que habrá que señalizar debidamente.

5. Protección e identificación de las pertenencias y efectos personales de las víctimas y personas implicadas en el accidente o en tareas de auxilio o apoyo.

1.9 DATOS GENERALES DEL ACCIDENTE

Permiten situar el accidente de manera global, tanto temporal como espacialmente. Se trata de elaborar una parte de la toma de datos claramente singularizada, en la que, de forma resumida, se hagan constar los datos que se señalan a continuación, que permitirán tener una idea de conjunto del accidente concreto. Ciertamente, muchos de los datos que se señalan son objeto de desarrollo en los apartados correspondientes de este u otro capítulo. A estos efectos, han de incluirse datos como los siguientes:

- Tipo de accidente.
- Localización temporal:
  - Día.
  - Mes.
  - Año.
  - Día de la semana.
  - Hora exacta del accidente (Dato que deberá tratar de recogerse o averiguarse con la mayor precisión posible, precisión que puede resultar útil en algunos casos para evitar, entre otras posibilidades, la aportación al juicio de testigos

© ITES - Paraninfo

que no tienen tal condición, o para desvelar posibles intentos de fraude respecto a las compañías aseguradoras).
    - Fecha y hora en la que se persona en el lugar el o los equipos de toma de datos.
    - Tiempo transcurrido entre la llamada a los servicios de emergencia y hora concreta en la que se presentaron en el lugar del accidente (permite conocer los tiempos de respuesta sanitaria). Lo mismo habrá que hacer cuando se trate de cualquier servicio de emergencia, protección civil o bomberos.
    - Hora en la que son evacuados los heridos, así como las horas en las que se trasladan los vehículos y se deja expedita la vía.
- Localización espacial:
    - Comunidad autónoma.
    - Provincia.
    - Término municipal.
    - Tipo de vía con mención del titular y, en su caso, del responsable del mantenimiento de la misma, con detalles del punto kilométrico, calle, etc.
- Vehículos implicados.
- Número de:
    - Muertos.
    - Heridos graves.
    - Heridos leves.
- Testigos (en este caso se trata de mencionar el número de testigos y su condición o relación con el accidente –ocupante, peatón, funcionario policial, etc.).
- Personal o equipos que han acudido al accidente (sanitario, salvamento, grúas,...).

1.10 TIPOLOGÍAS DE ACCIDENTES DE TRÁFICO

Para la identificación general del accidente es necesario conocer los diversos tipos de accidentes que pueden aparecer. Para ello, desde un punto de vista técnico se tomará como referencia la norma UNE 26-403-90. Según la mencionada norma, un accidente se caracteriza por los siguientes factores:

- Tipo de colisión (frontal, lateral o trasera).
- Obstáculo golpeado.
- Dirección de la colisión.
- Velocidad de aproximación ($V_1 + V_2$).

Se define además:

Colisión: Accidente en el cual un vehículo arremete a otro o a un obstáculo, sufriendo daños uno o ambos.

© *ITES - Paraninfo*

Choque: Contacto brusco entre dos vehículos o entre un vehículo y un obstáculo. Un choque se caracteriza por los siguientes factores:

- Tipo de choque.
- Dirección e intensidad de la fuerza principal que actúa sobre el vehículo.
- Deformación.
- Zona de choque.

Tipologías de los Accidentes de Tráfico (Adaptado de UNE 26-403-90)

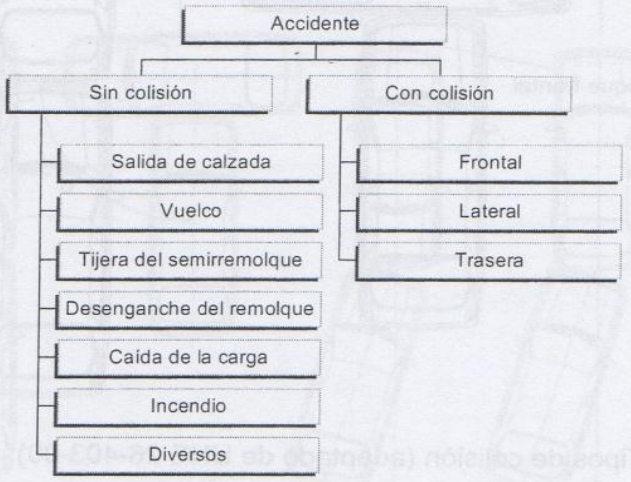


Figura 1.8 Tipos de accidentes de tráfico según UNE 26-403-90

Partiendo de la sistematización propuesta por la norma UNE, debe tenerse en cuenta que "colisión" es el accidente en el que se produce el impacto de un vehículo contra otro elemento (vehículo, obstáculo fijo,...), o, si se prefiere y desde esta perspectiva, todo accidente es una colisión, o toda colisión implica accidente, puesto que, por otra parte, para que haya accidente deben haberse producido daños de la clase o entidad que sea. Por el contrario, "choque" es la zona de contacto, es decir, la parte del vehículo que impacta en la colisión y que queda con daños medibles (el choque y las deformaciones será tratado con más detalle en el Capítulo 5).

La colisión, según la mencionada norma, en función de las zonas de impacto o choque entre los vehículos implicados, puede clasificarse en frontal, lateral o trasera. A su vez, la colisión frontal puede ser:

- Entre dos vehículos: los dos vehículos sufren un choque frontal.
- Entre un vehículo y un obstáculo fijo: el vehículo sufre un choque frontal.

La colisión lateral entre dos vehículos ocurrirá cuando uno de los vehículos sufre un choque lateral, el otro un choque frontal. Aparecerá una colisión trasera si:

- Entre dos vehículos: uno de ellos sufre un choque trasero y el otro un choque frontal.

© ITES - Paraninfo

- Entre un vehículo y un obstáculo fijo: el vehículo sufre un choque trasero.

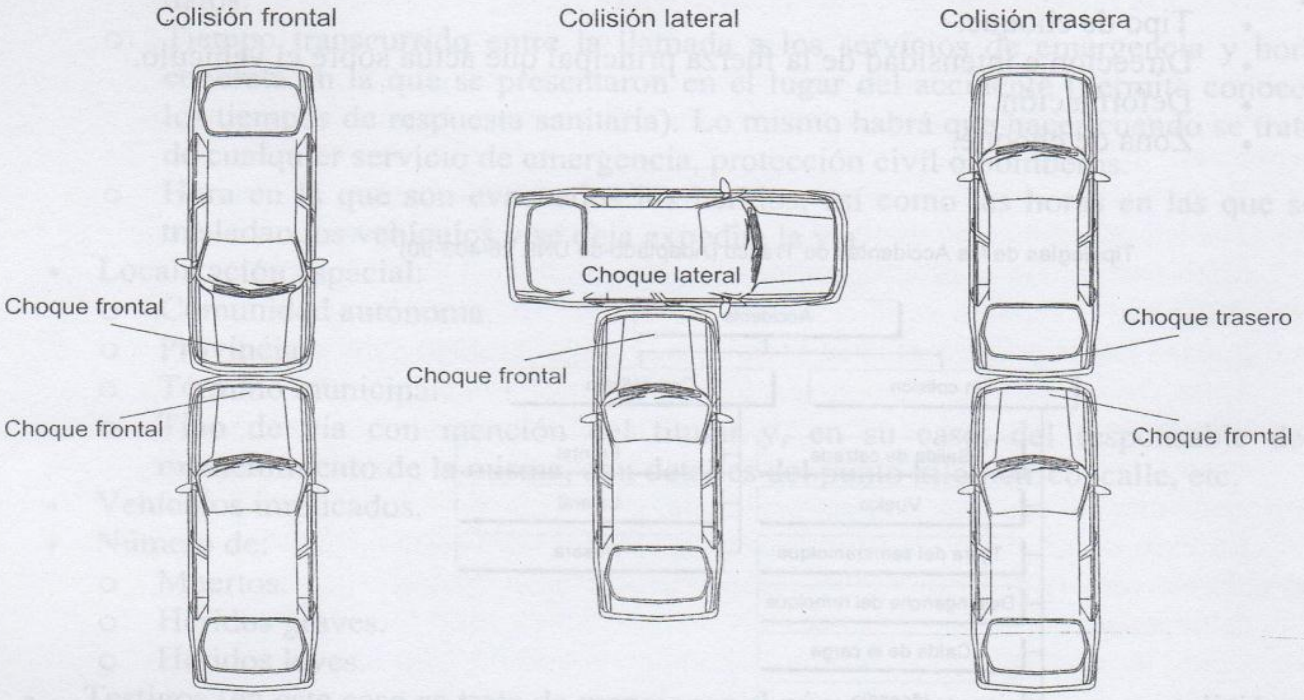


Figura 1.9 Tipos de colisión (adaptado de UNE 26-403-90)

Según la dirección de la colisión, ésta puede ser longitudinal o angular. Y se define:

> **Ángulo de la colisión entre dos vehículos**: El ángulo de la colisión se mide entre los planos verticales correspondientes a los planos longitudinales medio de cada vehículo. En un ángulo comprendido entre 0º y 180º (por la derecha o por la izquierda), una colisión frontal corresponde a un ángulo de 0º y una colisión trasera a 180º.

Se tomará como colisión entre un vehículo y un obstáculo fijo o móvil si la superficie del obstáculo es plana y vertical (por ejemplo, un muro). La superficie del obstáculo o del muro se debe considerar como parte delantera.

El ángulo de colisión se mide entre los dos planos verticales, siendo uno el plano longitudinal medio del vehículo y el otro un plano perpendicular a la superficie plana y vertical del obstáculo (ver figura 1.10).

Si el obstáculo presenta una superficie curva (poste, árbol, etc.) la dirección de la colisión será en todos los casos longitudinal (para las colisiones frontales o traseras) y ortogonal para la colisiones laterales.

© *ITES - Paraninfo*

Dirección de la colisión (Adaptado de UNE 26-403-90)

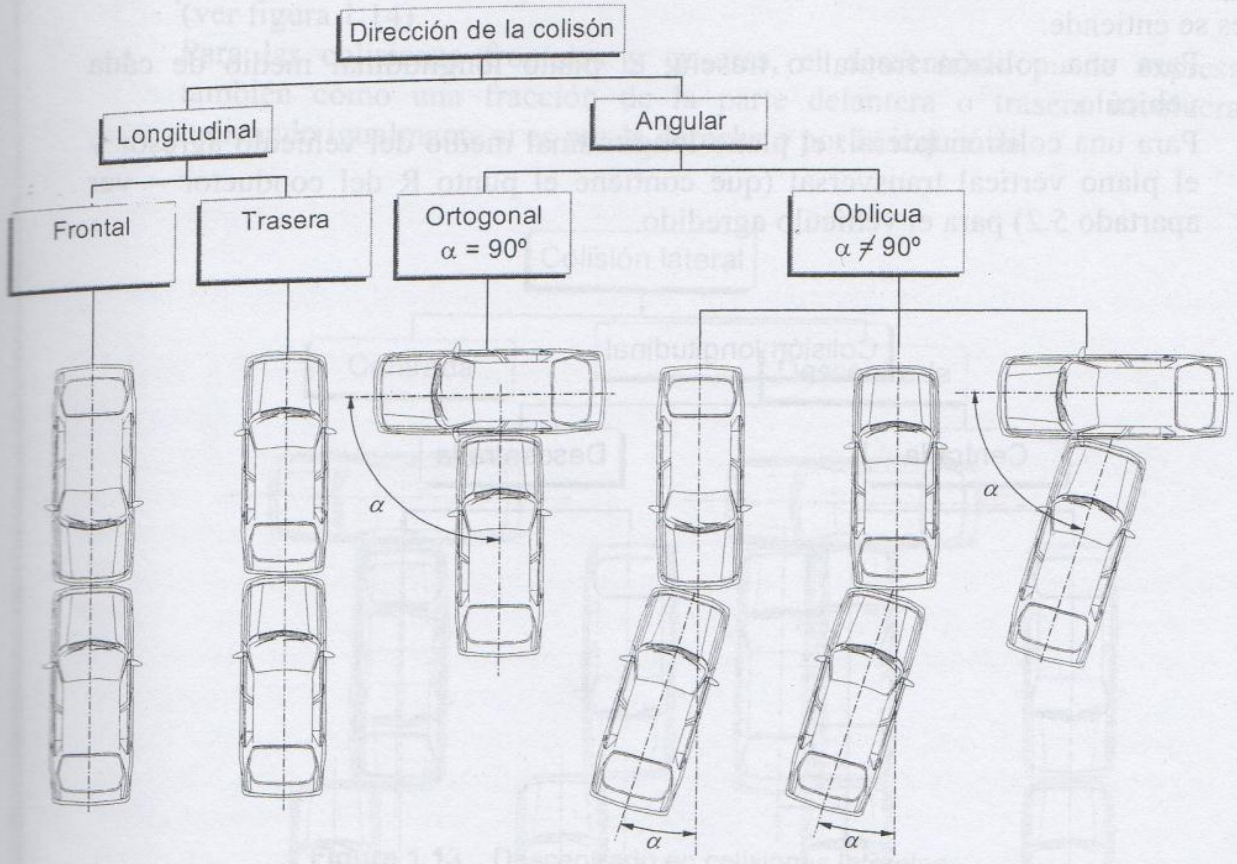


Figura 1.10 Dirección de la colisión

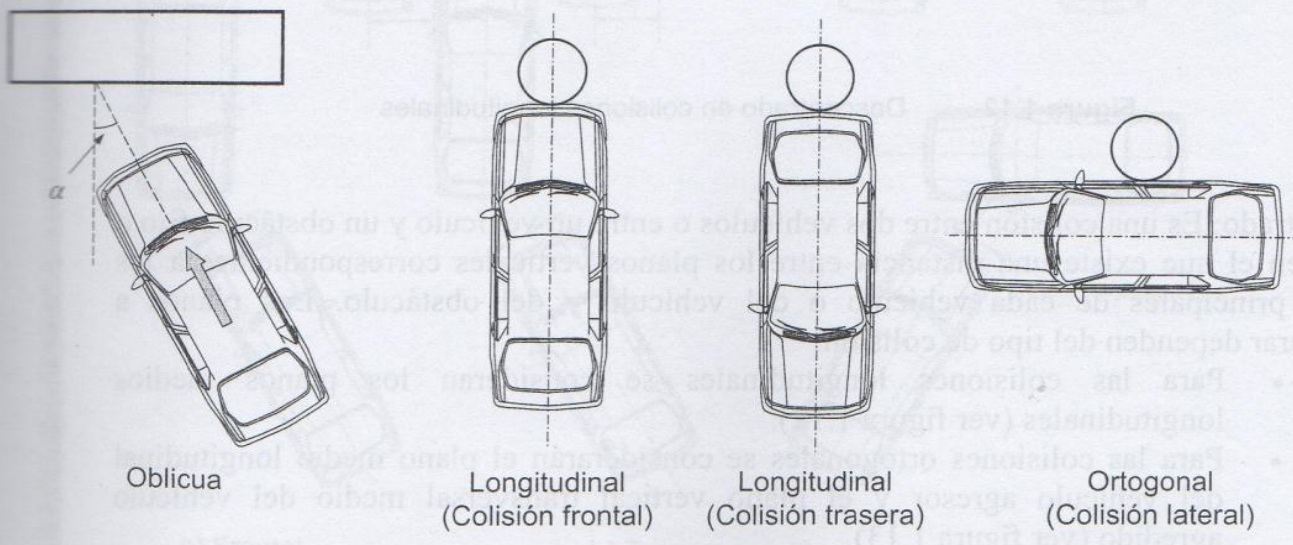


Figura 1.11 Colisión entre un vehículo y un obstáculo fijo o móvil

© ITES - Paraninfo

Alineación de los ejes: Una colisión entre dos vehículos, o ente un vehículo y un obstáculo fijo o móvil, está centrada si los planos principales de los dos vehículos o del vehículo y del obstáculo coinciden; en caso contrario está descentrada. Por planos principales se entiende:

- Para una colisión frontal o trasera, el plano longitudinal medio de cada vehículo.
- Para una colisión lateral: el plano longitudinal medio del vehículo agresor y el plano vertical transversal (que contiene el punto R del conductor – ver apartado 5.2) para el vehículo agredido.

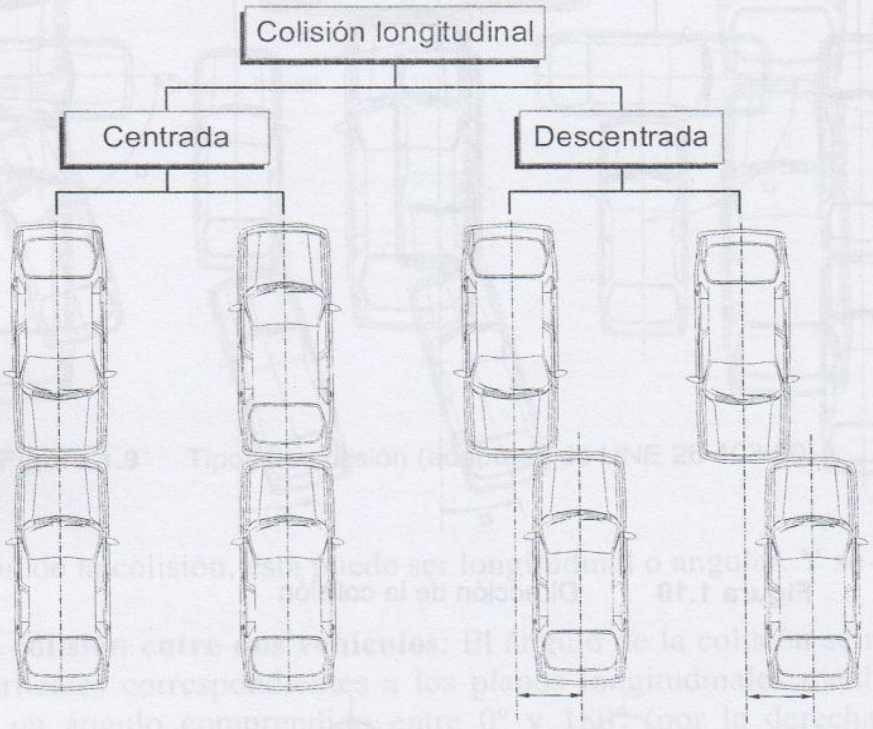


Figura 1.12 Descentrado en colisiones longitudinales

Descentrado: Es una colisión entre dos vehículos o entre un vehículo y un obstáculo fijo o móvil en el que existe una distancia entre los planos verticales correspondientes a los planos principales de cada vehículo o del vehículo y del obstáculo. Los planos a considerar dependen del tipo de colisión:

- Para las colisiones longitudinales se consideran los planos medios longitudinales (ver figura 1.12).
- Para las colisiones ortogonales se considerarán el plano medio longitudinal del vehículo agresor y el plano vertical transversal medio del vehículo agredido (ver figura 1.13).

© ITES - Paraninfo

- Para las colisiones oblicuas se consideran los planos principales, pero la medida se hace en un plano tangente a la proyección horizontal del vehículo (ver figura 1.14).
- Para las colisiones frontales y traseras, el descentrado puede expresarse también como una fracción de la parte delantera o trasera involucrada, indicando igualmente si es por la derecha o por la izquierda.

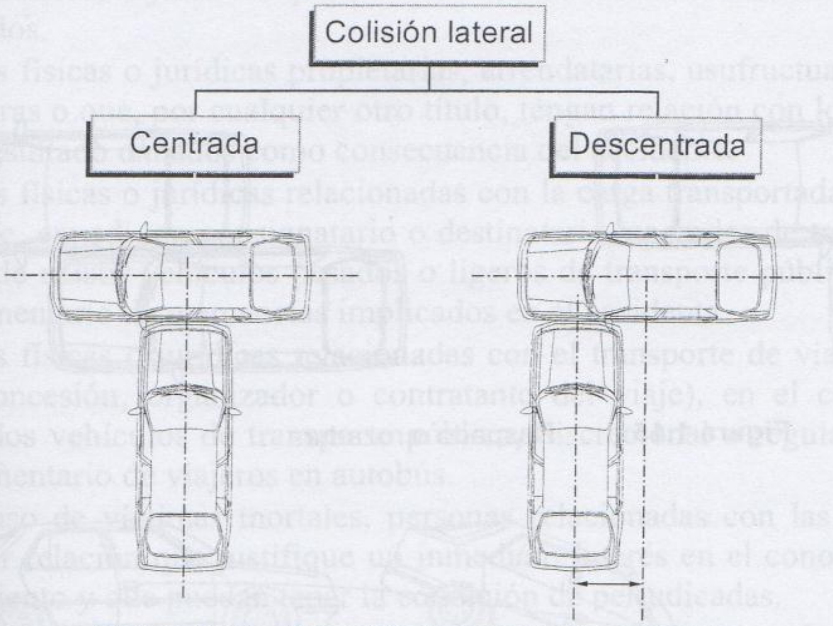
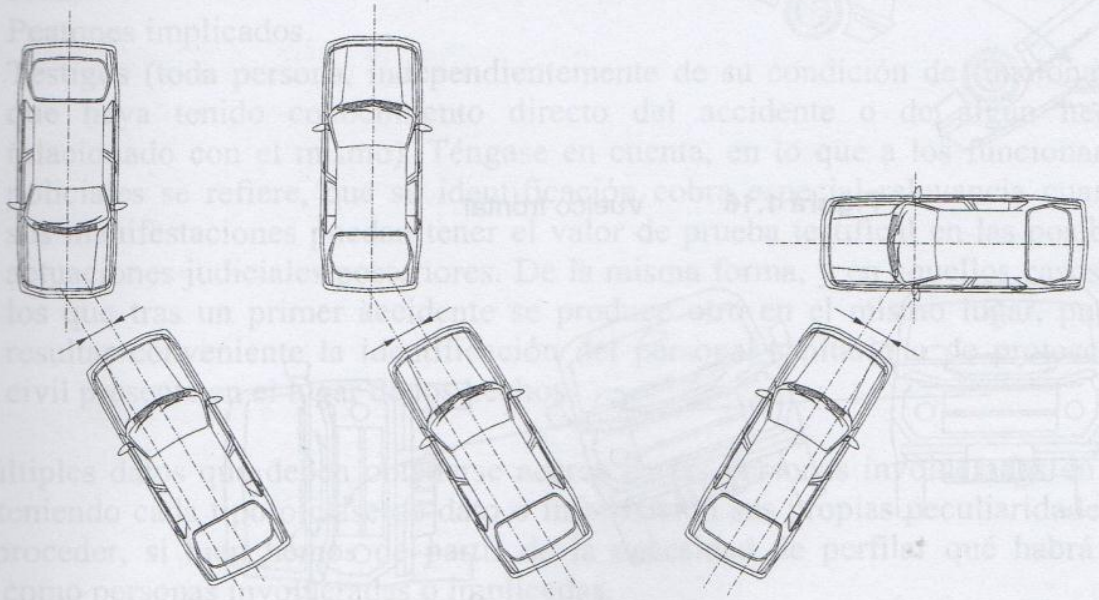


Figura 1.13 Descentrado en colisiones laterales



a) Frontal b) Trasera c) Lateral

Figura 1.14 Descentrado en colisiones oblicuas

© ITES - Paraninfo

Otros criterios de clasificación de los accidentes de tráfico pueden ser en función de su situación, distinguiéndose entre urbanos e interurbanos. Según los daños y severidad se pueden clasificar entre mortales, con heridos y únicamente con daños materiales. Si se tienen en cuenta el número de vehículos implicados se pueden distinguir entre simples y complejos. De forma complementaria se pueden incluir otros criterios como son la hora del día, el día de la semana, tipo de actividad realizada por las personas implicadas y cualquier otro criterio o punto de vista clasificador, si bien lo más conveniente es utilizar aquellos que puedan, a su vez, resultar útiles para posteriores estudios y análisis que permitan obtener conclusiones fundadas relacionadas con el incremento de la seguridad vial.

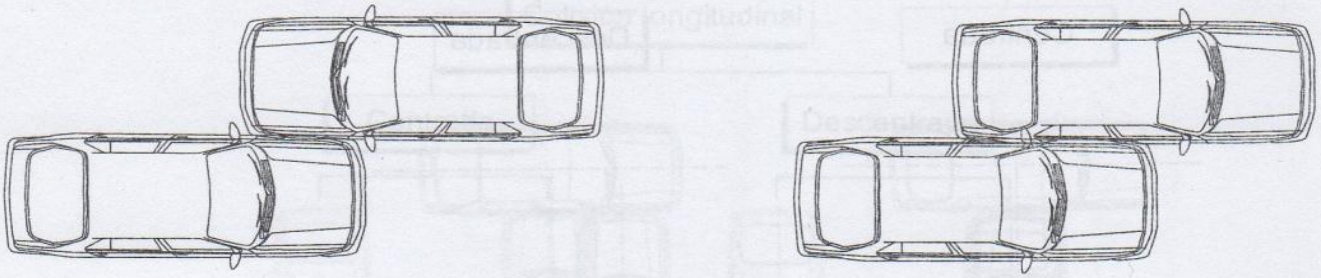


Figura 1.15 Raspado o rozadura

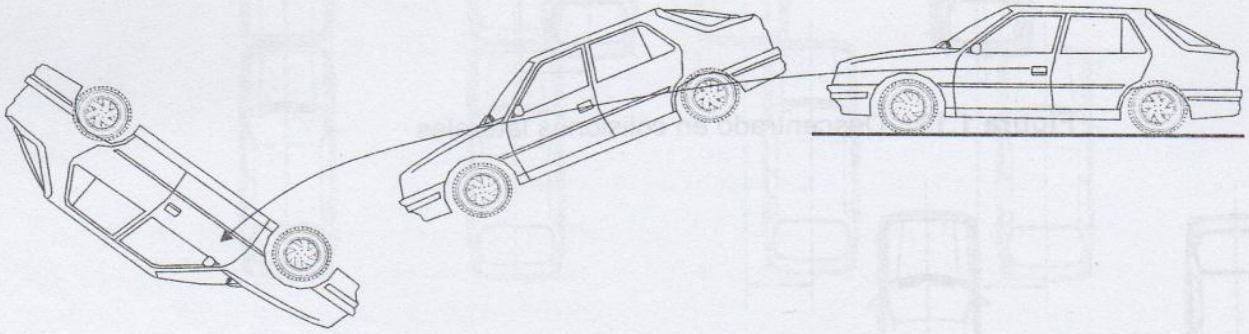


Figura 1.16 Vuelco frontal

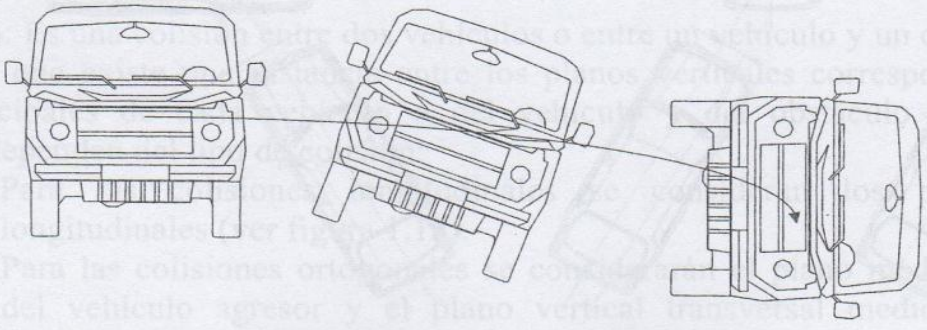


Figura 1.17 Vuelco lateral

© *ITES - Paraninfo*

1.11 DATOS RELATIVOS A LAS PERSONAS

La implicación personal en un accidente puede ser tanto directa como indirecta y, al mismo tiempo, puede afectar tanto a personas físicas como jurídicas. En consecuencia, los datos personales que se obtengan deberán permitir identificar a las siguientes personas:

- Personas físicas o jurídicas que ostenten la titularidad del vehículo o vehículos implicados.
- Personas físicas o jurídicas propietarias, arrendatarias, usufructuarias, simples poseedoras o que, por cualquier otro título, tengan relación con los bienes que hayan resultado dañados como consecuencia del accidente.
- Personas físicas o jurídicas relacionadas con la carga transportada (cargador o remitente, expedidor, consignatario o destinatario, operador de transporte), en el caso de existir vehículos pesados o ligeros de transporte público o privado complementario de mercancías implicados en el accidente.
- Personas físicas o jurídicas relacionadas con el transporte de viajeros (titular de la concesión, organizador o contratante del viaje), en el caso de estar implicados vehículos de transporte público, discrecional o regular, o privado complementario de viajeros en autobús.
- En el caso de víctimas mortales, personas relacionadas con las mismas por cualquier relación que justifique un inmediato interés en el conocimiento del fallecimiento y que puedan tener la condición de perjudicadas.
- Ocupantes del vehículo o vehículos (de cualquier clase y tipo de tracción que sean).
- Peatones implicados.
- Testigos (toda persona, independientemente de su condición de funcionario, que haya tenido conocimiento directo del accidente o de algún hecho relacionado con el mismo). Téngase en cuenta, en lo que a los funcionarios policiales se refiere, que su identificación cobra especial relevancia cuando sus manifestaciones puedan tener el valor de prueba testifical en las posibles actuaciones judiciales posteriores. De la misma forma, y en aquellos casos en los que tras un primer accidente se produce otro en el mismo lugar, puede resultar conveniente la identificación del personal sanitario o de protección civil presente en el lugar de los hechos.

Existen múltiples datos que deben obtenerse acerca de las personas involucradas en un accidente, teniendo cada tipo o clase de dato o información sus propias peculiaridades y forma de proceder, si bien hemos de partir de la necesidad de perfilar qué habrá de entenderse como personas involucradas o implicadas.

Para lograr la adecuada coherencia entre el concepto de accidente, la metodología a seguir en la toma de datos, la investigación y la consecución de las distintas finalidades perseguidas (conocimiento de todas las causas, propuestas para aumentar la seguridad

vial e información para la sustanciación de responsabilidades de cualquier clase), es necesario tener presente que la implicación personal en un accidente viene determinada por diversas circunstancias, tales como ser conductor, ocupante o pasajero, peatón o testigo, incluyendo en esta última categoría a toda persona que, por la circunstancia que sea, puede aportar información útil.

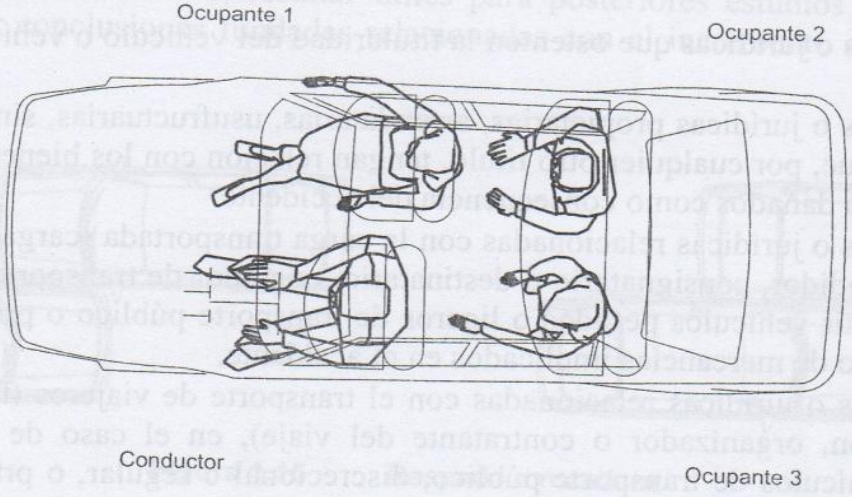


Figura 1.18 Identificación de las personas (conductor y ocupantes) de un vehículo

Para una identificación completa de las personas implicadas antes citadas, se obtendrán los siguientes datos generales:

- Apellidos y nombre (en el caso de personas físicas).
- Domicilio particular y, en su caso, domicilio para notificaciones y emplazamientos.
- Teléfono, fax, dirección de correo electrónico y cualquier otra forma de comunicación que las personas implicadas estimen oportuno facilitar (incluida la posibilidad de designar Letrados o Procuradores y sus respectivos despachos profesionales).
- Edad.
- Sexo.
- DNI.
- En el caso de testigos habrá de recogerse, además de los datos personales antes señalados, la condición o circunstancia en virtud de la cual han tenido conocimiento directo del accidente, incluyendo la identificación de los agentes de la autoridad y el órgano de la Administración al que estuvieren adscritos. Todo ello con expresión de la posición concreta de cada uno respecto al accidente, bien en el exterior o en el interior del vehículo o vehículos, en el caso de personas implicadas por ser ocupantes de alguno de ellos, con mención de la posición ocupada en el vehículo.

© ITES - Paraninfo

- En el caso del conductor: permiso de conducción y restricciones si las hubiere.
- Tipo de conductor: autónomo, cuenta ajena, particular, militar, etc.
- Defectos físicos: visión, audición, extremidades, etc. (en todo caso se especificarán aquellos defectos que puedan observarse a primera vista, así como los que se averigüen por declaración propia de los interesados, de sus acompañantes o familiares o del médico que los asista, en su caso).
- Tratamientos médicos y enfermedades (cuando sea posible obtener esta información se harán constar las enfermedades que pudiera tener el o los conductores, así como la clase de tratamiento y los medicamentos).
- Aspectos psicológicos generales:
  - horas de conducción, descansos previos.
  - historial profesional y experiencia en la conducción.
  - drogas, alcohol (en el caso de fallecidos y heridos evacuados se procurará el informe toxicológico, y respecto al resto de personas implicadas se harán las pruebas de detección de alcohol, sean conductores, ocupantes o peatones).
- Conocimiento del trayecto.
- Motivo del viaje.
- Razón social (en el caso de personas jurídicas que ostenten la titularidad del vehículo o tengan la condición de empleadoras del conductor, así como en el caso de las vinculadas, por cualquiera de las razones antes apuntadas, con la mercancía o las personas transportadas).
- Domicilio social (sede central de la persona jurídica).
- Domicilio del centro de trabajo (en el caso de que no coincida con la sede central).
- Apellidos y nombre del gerente, administrador o responsable, por cualquier concepto, de la persona jurídica.
- Teléfono, fax, dirección de correo electrónico o cualquier otra forma de comunicación con la empresa.

Estos datos serán completados con otros, comentados en capítulos y apartados posteriores y serán relativos a pesos, talla, características antropométricas específicas, estados fisiológicos, posición relativa en los vehículos implicados, sustancias alcohólicas y estupefacientes, aspectos psicológicos particulares (fatigado, dormido, inatento,...), lesiones, declaraciones...

En el caso de las personas físicas, la documentación necesaria para la obtención de la información más completa posible presenta menos complejidades, en principio. Lo más habitual será que con la autorización administrativa para conducir (en el caso de los conductores) y el DNI (en el caso de los pasajeros y demás personas implicadas) sea suficiente. A este respecto, partimos del perfecto y total conocimiento del equipo destinado a la toma de datos en lo que a las diversas clases de licencias y permisos para conducir se refiere (incluido el especial para conducir vehículos que transporten

© ITES - Paraninfo

mercancías peligrosas o escolares), por lo que no se va a transcribir la diversidad autorizatoria existente y las condiciones de habilitación que otorgan a los titulares. No obstante, no resulta ocioso llamar la atención acerca de la necesidad de asegurarse que la totalidad de las personas implicadas en un accidente, cualquiera que sea la condición por la que lo estén, están plena y completamente identificadas, cerciorándose de la actualidad de los datos que consten en los correspondientes documentos y complementándolos, siempre que sea posible, con números de teléfono.

Cuando se trate de extranjeros, habrá que tener en cuenta su nacionalidad para exigir uno u otro documento. En algunos casos (ámbito de la UE) bastará con el documento de identidad del país de origen y en otros, por el contrario, deberemos pedir el pasaporte. Todo ello sin olvidar los permisos de residencia y, en su caso, de trabajo, cuando hay implicadas personas de una nacionalidad no comunitaria que no presenten el pasaporte debidamente visado. Teniendo en cuenta que el visado puede ser o no exigible para salir del país de origen, si se viaja a España, o puede ser simplemente la diligencia puesta en el pasaporte por la policía de fronteras, por lo que deberemos comprobar si la estancia en nuestro país se ajusta o no a Derecho a los efectos oportunos, haciendo constar en el informe lo que proceda, para que, en su caso, se adopten las medidas oportunas. Medidas que pueden estar relacionadas simplemente con la exigencia de fianzas a efectos indemnizatorios o actuación similar.

Respecto a los agentes de la autoridad presentes en el lugar del accidente, lo mismo que en relación con el personal de asistencia sanitaria, bomberos o cualquier otro miembro de servicios similares, se recogerán sus respectivas identificaciones, con expresa mención del órgano de la Administración al que estuvieren adscritos. En cada caso se utilizará el dato identificativo que, en función de lo procedente en cada caso, deba utilizarse, siempre que quede asegurada su plena identificación.

1.12 DECLARACIONES

Las declaraciones deben recibirse empezando por los testigos, si los hubiere, siguiendo con los ocupantes de los vehículos, en su caso, para acabar con las de los conductores o conductor y peatón. Por supuesto en todos los casos se parte de que quien declara o no tiene lesiones o son de poca importancia, ya que en caso contrario, habrá de dejarse para *un momento posterior al del accidente el recoger las declaraciones*, algo que el hecho de la hospitalización de los afectados no tiene por qué impedir realizar.

La declaración se empezará por la simple recogida de los datos personales, para, acto seguido, dejar que sea el declarante quien haga la narración de lo sucedido con entera libertad, con su personal forma de expresión y sin interrupciones, asegurándose que ha concluido, para a partir de ahí formular las preguntas que se entiendan procedentes. Empezar así una declaración facilita que la persona se tranquilice, ya que formular preguntas, desde el primer momento, sobre todo si las respuestas pueden implicar asunción de responsabilidad o cualquier otra circunstancia similar, sólo sirve para generar tensión innecesaria en la persona. Por otra parte, la persona que está declarando no puede

© ITES - Paraninfo

percibir en la persona que toma los datos la más leve señal de conformidad o disconformidad con lo que contesta, de prejuicio de lo sucedido o de esperar una respuesta concreta.

Si se comienza por escuchar con atención la narración de quien declara y se le hacen las preguntas mínimas necesarias para aclarar algunos puntos de lo expuesto, estaremos en condiciones de formular un segundo bloque de preguntas si hemos detectado contradicciones. Con la misma o similar finalidad, es aconsejable comenzar por quienes hayan sido testigos, para disponer de versiones los más objetivas posibles, sin olvidar que siempre han de prevalecer los resultados de los datos objetivos sobre cualquier declaración personal, siguiendo con los conductores y peatones, en su caso, puesto que éstos, por su potencial responsabilidad en lo sucedido, difícilmente ofrecerán una versión de los hechos en la que no intenten trasladar la causa del accidente, bien a la otra u otras personas, al vehículo, a la carretera, o a cualquier otra circunstancia o hecho externos. En estas declaraciones es donde cobra especial relevancia el haber recogido antes las de los testigos, ya que, junto con la propia versión libre del declarante, se estará en mejor condición para detectar los puntos débiles o contradictorios de lo narrado por esta clase de implicados en el accidente.

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Accidente de tráfico - Identificación general de lesiones

Accidente			
Fecha		Identificación	
Vehículo	Marca / Modelo / Matrícula		Posición

Nombre y apellidos

Uso o influencia de sistemas de **seguridad pasiva**

Cinturón de seguridad	Airbag - Tipo	Pretensor	Silla R44	Casco	Otros	Se desconoce

Daños personales en el instante del accidente

Ileso	Herido leve	Herido grave	Muerto	Se desconoce

Localización lesiones

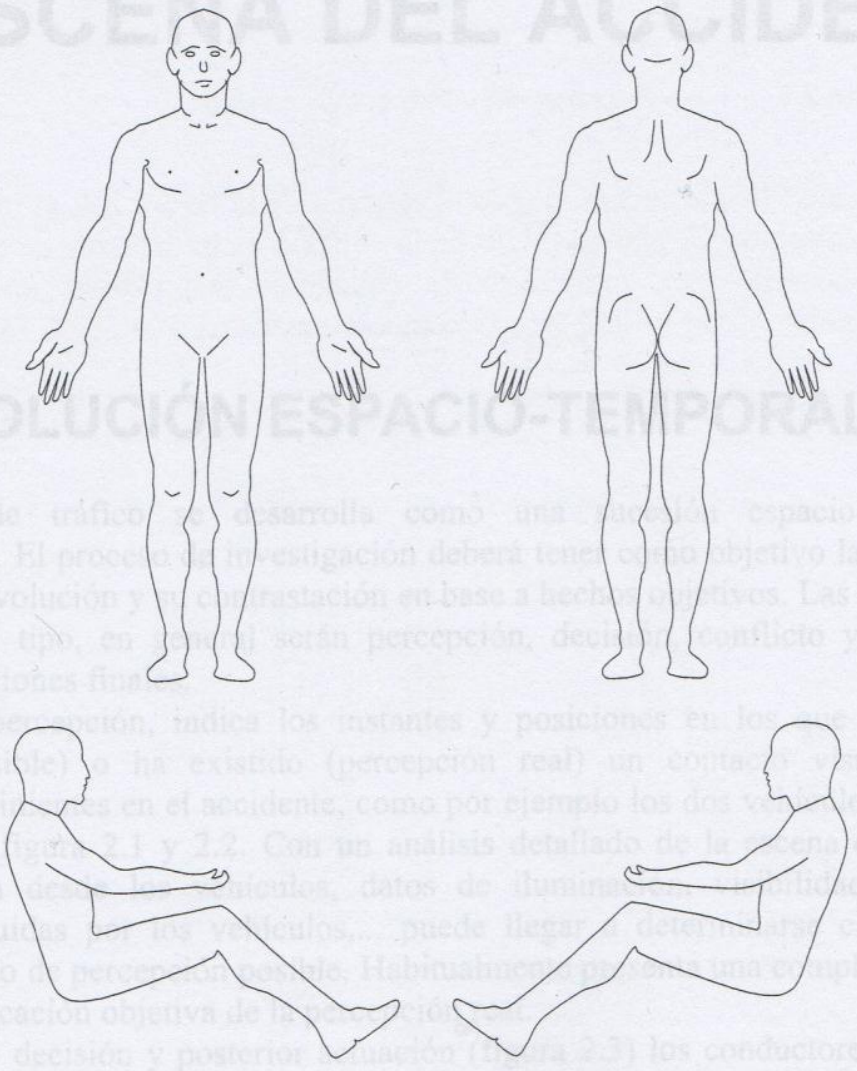


Figura 1.20 Ejemplo ficha toma de datos para identificación general de lesiones

© ITES - Paraninfo

2

LA ESCENA DEL ACCIDENTE

2.1 EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL

El accidente de tráfico se desarrolla como una sucesión espacio-temporal de acontecimientos. El proceso de investigación deberá tener como objetivo la propuesta de hipótesis de la evolución y su contrastación en base a hechos objetivos. Las posibles fases de un accidente tipo, en general serán percepción, decisión, conflicto y llegada a la situación o posiciones finales.

La fase de percepción, indica los instantes y posiciones en los que puede existir (percepción posible) o ha existido (percepción real) un contacto visual entre los elementos intervinientes en el accidente, como por ejemplo los dos vehículos en el cruce, según indica la figura 2.1 y 2.2. Con un análisis detallado de la escena del accidente, punto de visión desde los vehículos, datos de iluminación, visibilidad, obstáculos, trayectorias seguidas por los vehículos,... puede llegar a determinarse con una cierta precisión el punto de percepción posible. Habitualmente presenta una complejidad mucho mayor la identificación objetiva de la percepción real.

En la fase de decisión y posterior actuación (figura 2.3) los conductores, peatones u ocupantes de los vehículos procesan la información recibida y actúan, pudiendo realizar maniobras evasivas del accidente. Las maniobras de evasión pueden ser pasivas o activas.

© ITES - Paraninfo

Pasivas serán por ejemplo accionar el avisador acústico o dar destellos de luz. Activas serán, por ejemplo, disminuir o aumentar la velocidad, detener el vehículo, realizar un giro o dar marcha atrás. Estas maniobras sencillas pueden combinarse de diversas formas, en función de la actuación de los factores intervinientes en el accidente.

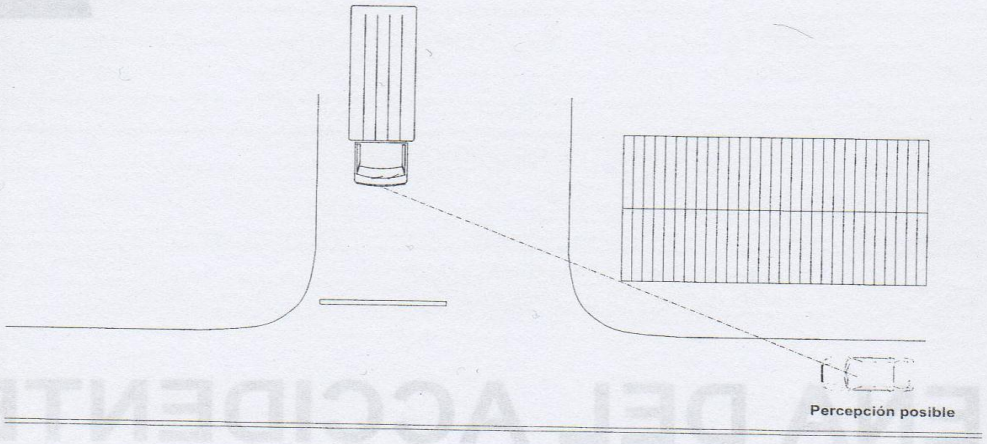


Figura 2.1 Fase de percepción. Percepción posible

La fase de conflicto es en la que sucede, según el ejemplo de la figura 2.4, el impacto o colisión entre los vehículos. Si bien el inicio de la colisión es un instante de tiempo exacto, el conflicto puede estar compuesto de colisiones secundarias, arrastres, salidas de vía posteriores,... con lo que esta fase puede tener una evolución espacio-temporal compleja.

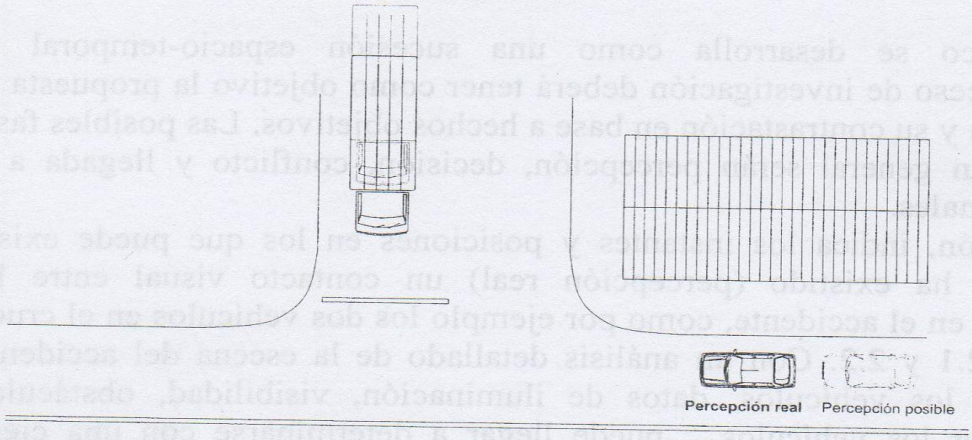


Figura 2.2 Fase de percepción. Percepción real

Aun cuando puedan aparecer todas las fases o hitos indicados, o al menos alguno de ellos, la toma de datos debe ocuparse únicamente de reunir todos los datos objetivos

© *ITES - Paraninfo*

necesarios para realizar un análisis posterior que permita llegar a discernir los mecanismos y las causas del accidente objeto de estudio. Por tanto, salvo indicación y justificación explícita, no deberán incluirse opiniones y consideraciones subjetivas de las diferentes etapas, debiendo emplearse todas las capacidades disponibles para recoger la totalidad de los datos necesarios de la escena del accidente. Todo ello, aun cuando, en función del accidente concreto, puede llegar a ser interesante conocer las fases para "opinar" sobre los restos y su influencia en la evolución espacio-temporal del mismo, e identificar las evidencias objetivas y proponer su relación con las fases del accidente en función de criterios conocidos, no debiendo olvidar que, en último término, las "opiniones" que se formulen deberán percibirse como tales y, además, tendrán que "encajar" con las evidencias objetivas, puesto que en caso de disparidad entre unas y otras o bien hay un error en la opinión que se formula, o bien hay alguna carencia en la toma de datos.

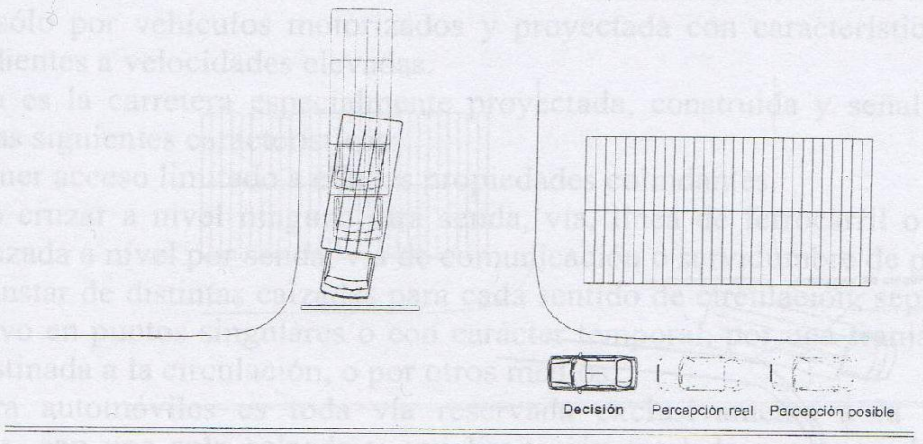


Figura 2.3 Punto de decisión. Inicio de maniobra evasiva

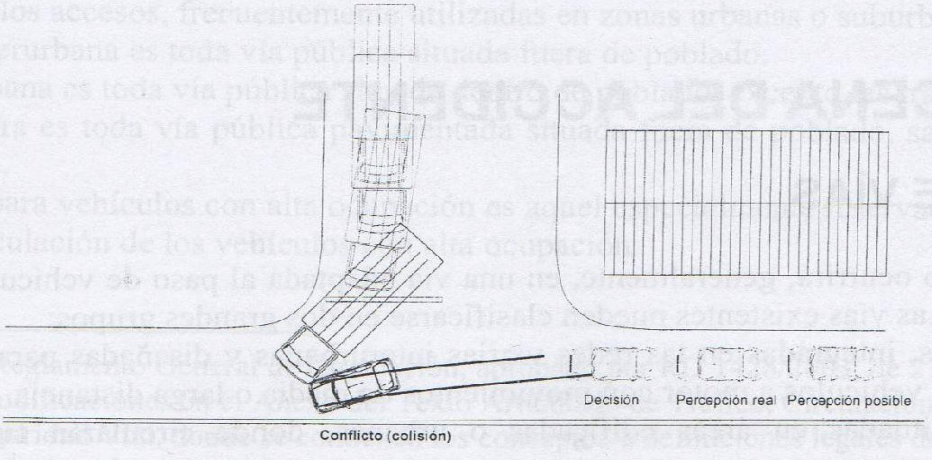


Figura 2.4 Punto de conflicto (colisión)

© ITES - Paraninfo

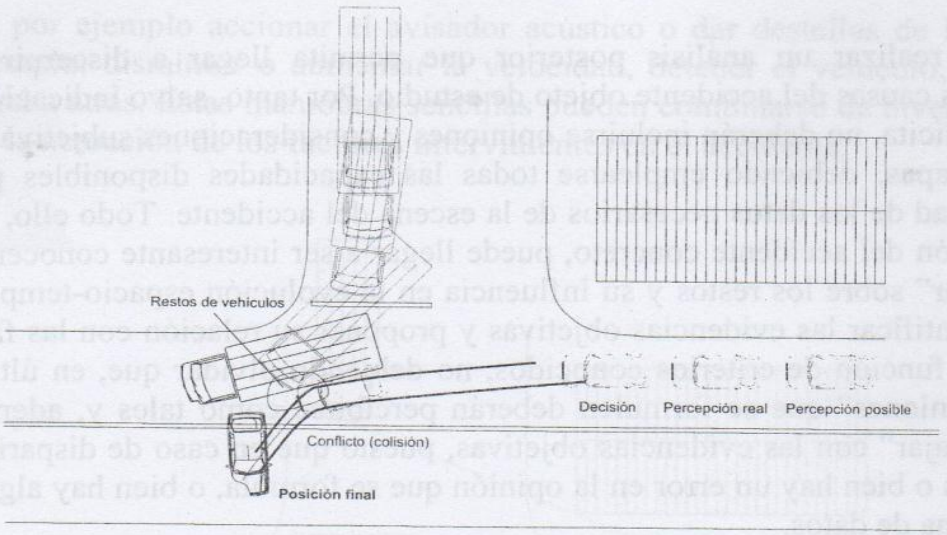


Figura 2.5 Posición final

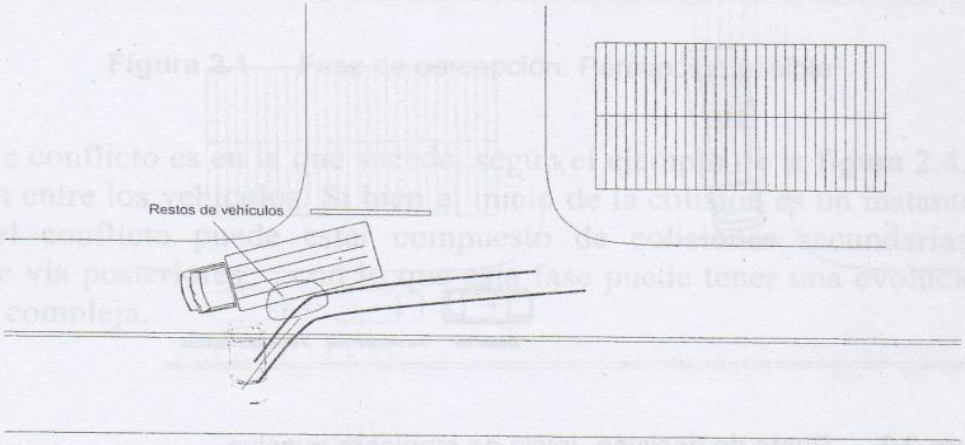


Figura 2.6 Escena post-accidente

2.2 LA ESCENA DEL ACCIDENTE

2.2.1 TIPOS DE VÍAS

Un accidente de tráfico ocurrirá, generalmente, en una vía adaptada al paso de vehículos terrestres no guiados. Las vías existentes pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- ✓ Carreteras, integradas en las redes viarias interurbanas y diseñadas para el tráfico de vehículos a motor con movimientos de media o larga distancia.
- ✓ Calles, situadas en áreas edificadas o urbanas, donde circularán tanto vehículos como peatones.

© *ITES - Paraninfo*

La clasificación de las vías puede hacerse según distintos criterios (legales, de características de uso, etc.). Según la legislación española las vías se clasifican en[1]:

- ✓ Autopistas de peaje (AP)
- ✓ Autopistas y autovías (A)
- ✓ Vía para automóviles
- ✓ Carretera convencional (C)
- ✓ Vía interurbana
- ✓ Vía urbana
- ✓ Carretera
- ✓ Carril para vehículos con alta ocupación
- ✓ Travesía

Una autopista es una vía de calzadas separadas para cada sentido de circulación, sin cruces a nivel con otra vía de comunicación o servidumbre, con control total de accesos, utilizable sólo por vehículos motorizados y proyectada con características geométricas correspondientes a velocidades elevadas.

Autovía es la carretera especialmente proyectada, construida y señalizada como tal que tiene las siguientes características:

a) Tener acceso limitado a ella las propiedades colindantes.
b) No cruzar a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía, ni ser cruzada a nivel por senda, vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.
c) Constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí, salvo en puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación, o por otros medios.

Vía para automóviles es toda vía reservada exclusivamente a la circulación de automóviles, con una sola calzada y con limitación total de accesos a las propiedades colindantes, y señalizada con las señales S-3 y S-4, respectivamente.

Carretera convencional es toda carretera que no reúne las características propias de las autopistas, autovías y vías para automóviles (calzadas separadas, intersecciones a nivel, no limitar los accesos, frecuentemente utilizadas en zonas urbanas o suburbanas).

Vía interurbana es toda vía pública situada fuera de poblado.

Vía urbana es toda vía pública situada dentro de poblado, excepto las travesías.

Carretera es toda vía pública pavimentada situada fuera de poblado, salvo los tramos en travesía.

Carril para vehículos con alta ocupación es aquel especialmente reservado o habilitado para la circulación de los vehículos con alta ocupación.

---

[1] El nuevo Reglamento General de Circulación, aprobado por RD 1428/2003, de 21 de noviembre, introdujo modificaciones en el Anexo del Texto Articulado de Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, donde se contienen los conceptos o definiciones legales de muy diversos elementos relacionados con el tráfico, entre ellos las distintas clases de vías. Modificación que, sin embargo, no se ha hecho en la legislación sectorial de carreteras, por lo que la clasificación que se transcribe no es exactamente la misma que la prevista en dicho sector.

© ITES - Paraninfo

Travesía es el tramo de carretera que discurre por poblado, no teniendo tal consideración aquellos tramos que dispongan de una alternativa viaria o variante a la cual tiene acceso.

Además, pueden existir, sobre todo en vías de tráfico muy escaso, carreteras con una calzada con un carril único, con apartaderos para permitir el cruce de dos vehículos.

Las redes de vías urbanas estarán formadas por combinaciones de autopistas urbanas y otras vías urbanas de dos o más calzadas, vías arteriales, calles colectoras-distribuidoras y calles residenciales y céntricas.

2.2.2 TRAZADO Y ELEMENTOS DE LA VÍA

La definición completa de una vía se suele realizar mediante la proyección en planta, presentado especial atención al eje longitudinal, representación en alzado y diversas secciones transversales.

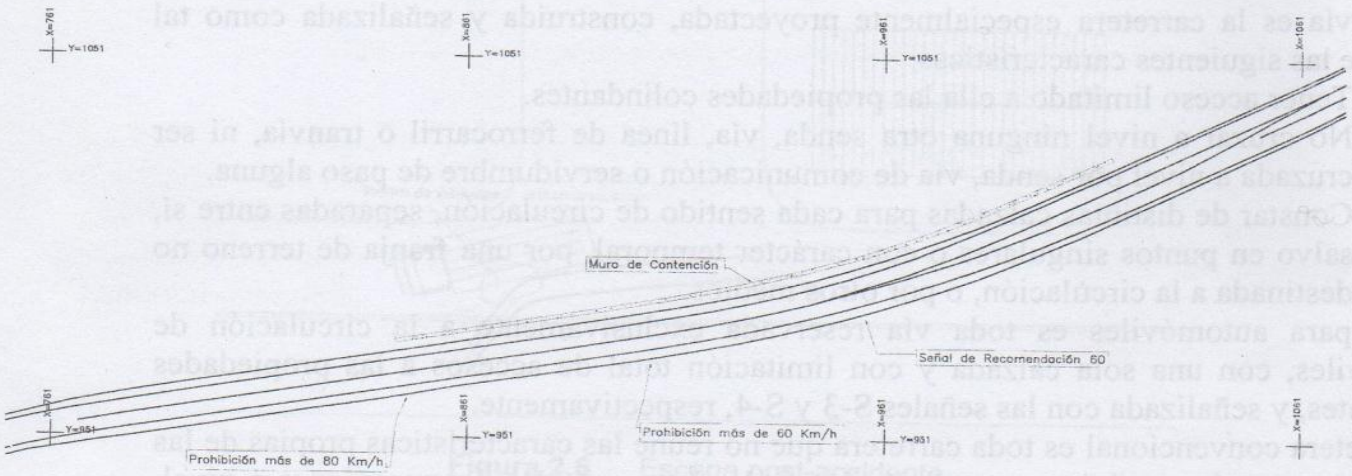


Figura 2.7 Estudio de la escena. Ejemplo de representación general en planta de un tramo de vía

El trazado en planta está compuesto por una sucesión de alineaciones (tramos) rectas enlazadas por alineaciones curvas. Las curvas pueden presentar radios de curvatura constantes, constituyendo curvas circulares, o variables, que son conocidas como curvas de transición. En general las curvas de transición serán clotoides o espirales.

Las rectas se definen en función de su longitud y dirección (rumbo o azimut), mientras que las curvas se caracterizan por su longitud, curvatura y variación de peralte.

El alzado, o perfil longitudinal, de la vía estará compuesto por un conjunto de tramos o rasantes en llano, rampa (ascenso) o pendiente (descenso) enlazados por curvas de acuerdo, generalmente parabólicas, que configuran los cambios de rasante. La rasante

© *ITES - Paraninfo*

será identificada por su distancia a un origen fijado y la cota (o elevación respecto a un plano de referencia).

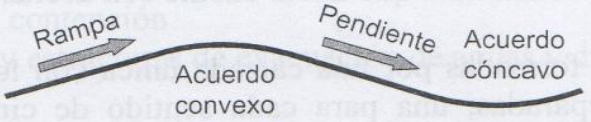


Figura 2.8 Alzado o perfil longitudinal

La sección transversal estará constituida por la plataforma, que está compuesta por el conjunto de calzadas y arcenes. La calzada, o zona destinada a la circulación de los vehículos, estará dividida en carriles (franjas longitudinales, cada una de ellas, que permiten la circulación de una sola fila de vehículos). El arcén es una franja longitudinal no destinada a la circulación, salvo supuestos excepcionales y para determinadas clases de vehículos o circunstancias[2], que está comprendida entre los bordes exteriores de la

[2] La utilización de los arcenes está regulada en el Reglamento General de Circulación, en los siguientes términos:

Art. 36. **Conductores obligados a su utilización**.

1. Los conductores de vehículos de tracción animal, vehículos especiales con masa máxima autorizada no superior a 3.500 kilogramos, ciclos, ciclomotores, vehículos para personas de movilidad reducida o vehículos en seguimiento de ciclistas, en el caso de que no exista vía o parte de ella que les esté especialmente destinada, circularán por el arcén de su derecha, si fuera transitable y suficiente para cada uno de éstos, y, si no lo fuera, utilizarán la parte imprescindible de la calzada.

Deberán también circular por el arcén de su derecha, o, en las circunstancias a que se refiere este apartado, por la parte imprescindible de la calzada, los conductores de aquellos vehículos cuya masa máxima autorizada no exceda de 3.500 kilogramos que, por razones de emergencia, lo hagan a velocidad anormalmente reducida, perturbando con ello gravemente la circulación.

En los descensos prolongados con curvas, cuando razones de seguridad lo permitan, los conductores de bicicletas podrán abandonar el arcén y circular por la parte derecha de la calzada que necesiten.

2. Se prohíbe que los vehículos enumerados en el apartado anterior circulen en posición paralela, salvo las bicicletas, que podrán hacerlo en columna de a dos, orillándose todo lo posible al extremo derecho de la vía y colocándose en hilera en tramos sin visibilidad, y cuando formen aglomeraciones de tráfico. En las autovías sólo podrán circular por el arcén, sin invadir la calzada en ningún caso.

Excepcionalmente, cuando el arcén sea transitable y suficiente, los ciclomotores podrán circular en columna de a dos por éste, sin invadir la calzada en ningún caso.

3. El conductor de cualquiera de los vehículos enumerados en el apartado 1, excepto las bicicletas, no podrá adelantar a otro si la duración de la marcha de los vehículos colocados paralelamente excede los 15 segundos o el recorrido efectuado en dicha forma supera los 200 metros.

4. Por lo que respecta a los vehículos históricos se estará a lo dispuesto en su reglamento específico.

© ITES - Paraninfo

calzada y de la plataforma. El arcén permite detenciones breves o maniobras evasivas o correctivas de la trayectoria. En una carretera además se distingue la berma, que es una franja longitudinal comprendida entre el borde exterior del arcén pavimentado y la cuneta o terraplén, y permite la instalación de los sistemas de señalización, balizamiento, contención,... En zonas urbanas es habitual que la vía cuente con aceras para el tránsito de peatones.

Las carreteras pueden estar formadas por una calzada única con los dos sentidos de circulación, o por calzadas separadas, una para cada sentido de circulación. En este último caso la separación se realiza por la mediana, o franja longitudinal no adaptada a la circulación de los vehículos. Estas medianas pueden ser centrales, cuando separan calzadas de sentidos opuestos de circulación o laterales, entre calzadas con los mismos sentidos de paso. Además, según su configuración pueden ser elevadas, a nivel o formadas por barreras.

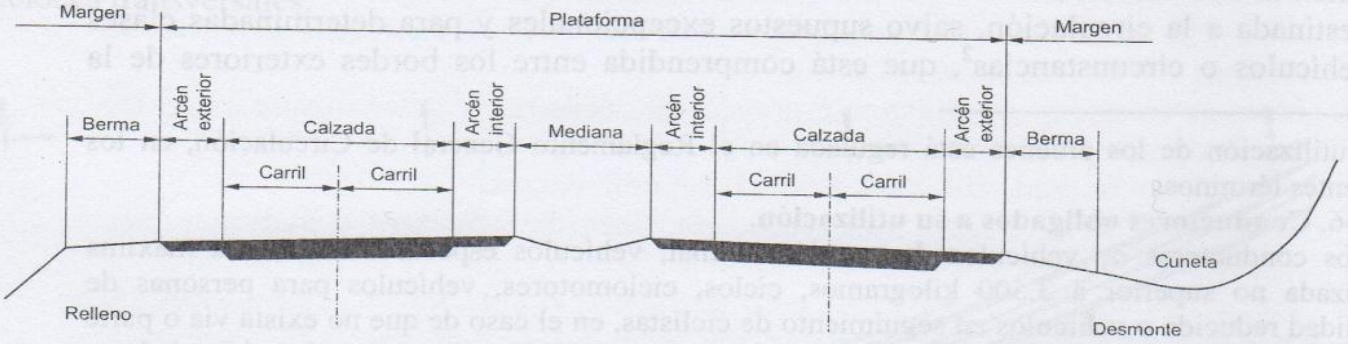


Figura 2.9 Sección transversal

No es extraño que la calzada, en función de necesidades particulares o usos especiales, pueda presentar ensanchamientos para la ubicación de otros carriles, como es el caso de, por ejemplo, un carril para vehículos lentos en zonas de rampa acusada, carriles de aceleración o deceleración en las inmediaciones de una intersección o un enlace o carriles centrales de espera. En zonas urbanas pueden existir carriles situados junto a la acera para el estacionamiento, en cordón o en batería, de vehículos. No es infrecuente, sobre todo en zonas urbanas, los carriles reservados al transporte público.

La definición de sección transversal deberá incorporar el valor de la inclinación transversal existente en las calzadas. En las carreteras con calzada única, lo normal es que haya una arista en el medio de la calzada y dos planos inclinados hacia los bordes (bombeo). En las carreteras con calzadas separadas, se puede emplear la misma solución anteriormente comentada, aunque es más frecuente que cada calzada tenga una sola pendiente transversal. Una caracterización completa indicará la variación de la inclinación transversal existente entre las diferentes alineaciones, que suele llevar asociado el llamado desvanecimiento de peralte y la transición de peralte.

© *ITES - Paraninfo*

Las infraestructuras del transporte por carretera incluirán otra serie de elementos que también pueden influir en un accidente como son:

- ✓ Puentes
- ✓ Túneles
- ✓ Muros de contención
- ✓ Sistemas y estructuras de evacuación de aguas y drenaje

Los sistemas o estructuras de drenaje tienen como objetivo controlar el agua que llega a la vía. El drenaje puede ser superficial, profundo, relativo a las aguas subterráneas, drenaje de firme, relativo a las aguas en él infiltradas o soluciones a problemas específicos de hidráulica fluvial o costera. En lo relativo al estudio de la escena de un accidente tráfico, lo más interesante, de forma general, suelen ser los sistemas de drenaje superficial. La Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial", aprobada por la Orden de 14 de mayo de 1990, facilita normas y recomendaciones para proyectar, construir y conservar adecuadamente los elementos del drenaje superficial de una carretera. Según esa instrucción el drenaje superficial comprende:

- ✓ La recogida de las aguas -pluviales o de deshielo- procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante caces, cunetas y sus imbornales y sumideros.
- ✓ La evacuación de las aguas recogidas -eventualmente a través de arquetas y colectores longitudinales- a cauces naturales, a sistemas de alcantarillado o a la capa freática, bien sea directamente, bien sea a través de obras de desagüe transversal o canalizaciones a cielo abierto o enterradas.
- ✓ La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

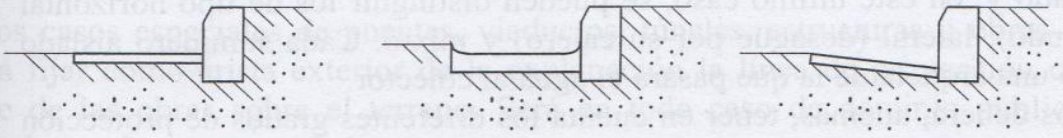


Figura 2.10a Caces de bordillo

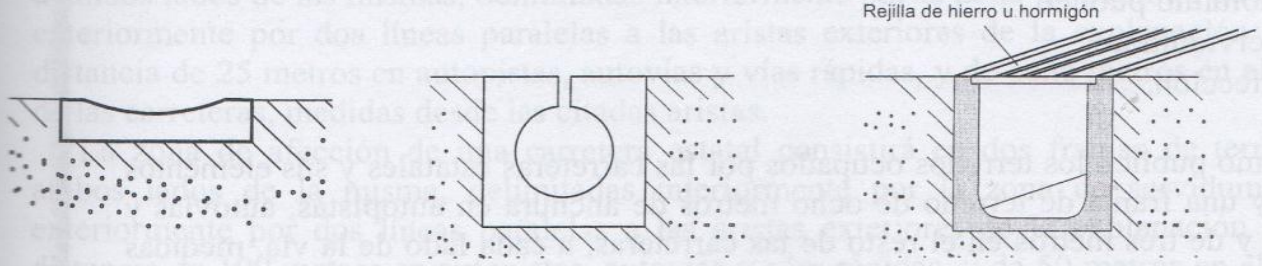


Figura 2.10b Caz central y caces de sumidero continuo

© ITES - Paraninfo

Las infraestructuras del transporte por carretera incluirán otra serie de elementos que también pueden influir en un accidente como son:

- ✓ Puentes
- ✓ Túneles
- ✓ Muros de contención
- ✓ Sistemas y estructuras de evacuación de aguas y drenaje

Los sistemas o estructuras de drenaje tienen como objetivo controlar el agua que llega a la vía. El drenaje puede ser superficial, profundo, relativo a las aguas subterráneas, drenaje de firme, relativo a las aguas en él infiltradas o soluciones a problemas específicos de hidráulica fluvial o costera. En lo relativo al estudio de la escena de un accidente tráfico, lo más interesante, de forma general, suelen ser los sistemas de drenaje superficial. La Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial", aprobada por la Orden de 14 de mayo de 1990, facilita normas y recomendaciones para proyectar, construir y conservar adecuadamente los elementos del drenaje superficial de una carretera. Según esa instrucción el drenaje superficial comprende:

- ✓ La recogida de las aguas -pluviales o de deshielo- procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante caces, cunetas y sus imbornales y sumideros.
- ✓ La evacuación de las aguas recogidas -eventualmente a través de arquetas y colectores longitudinales- a cauces naturales, a sistemas de alcantarillado o a la capa freática, bien sea directamente, bien sea a través de obras de desagüe transversal o canalizaciones a cielo abierto o enterradas.
- ✓ La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

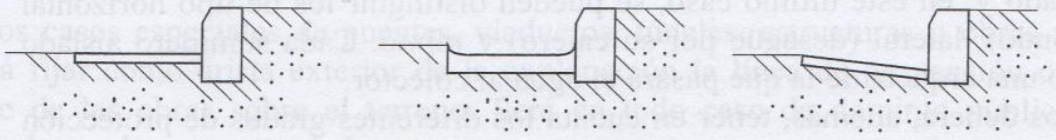


Figura 2.10a Caces de bordillo

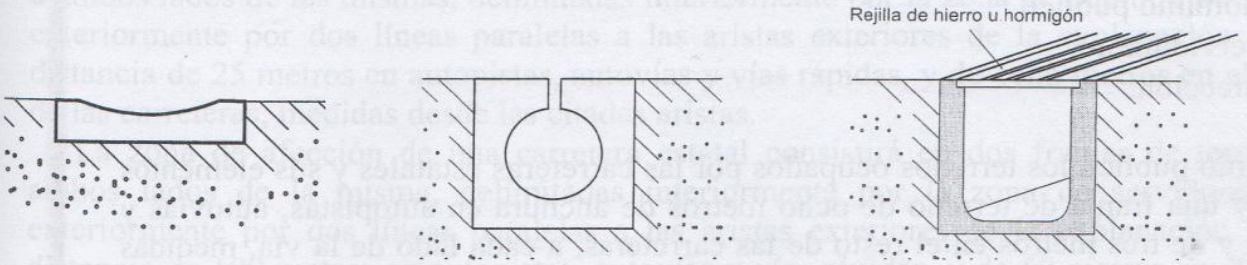


Figura 2.10b Caz central y caces de sumidero continuo

© ITES - Paraninfo

Al proyectar la sección transversal de la plataforma de la carretera, tanto en su geometría como en su constitución, se tiene en cuenta su red de drenaje superficial. La escorrentía superficial, en flujo difuso, es recogida y evacuada, en general, por caces y cunetas longitudinales que, al mismo tiempo, recogerán y evacuarán la de los márgenes de la carretera que desagüen hacia ésta. La pendiente de la plataforma deberá asegurar el drenaje superficial del agua que caiga sobre la calzada y arcenes, de manera que su profundidad en flujo no rebase el límite a partir del cual los neumáticos pueden disminuir su rozamiento por fenómenos de hidroplaneo o *acuaplaning*, habida cuenta de la textura del pavimento y de la velocidad de los vehículos. De forma complementaria se utilizan dispositivos superficiales (caces y cunetas) o dispositivos enterrados (sumideros y colectores) que en caso alguno ni unos ni otros podrán constituir un peligro para los vehículos que los atraviesen al salirse de la plataforma.

Un caz es una franja estrecha longitudinal, en forma de canal revestido de muy poca profundidad, y generalmente situada al borde de la plataforma (figuras 2.10a y b). Una cuneta es una zanja longitudinal abierta en el terreno junto a la plataforma (figura 2.11).

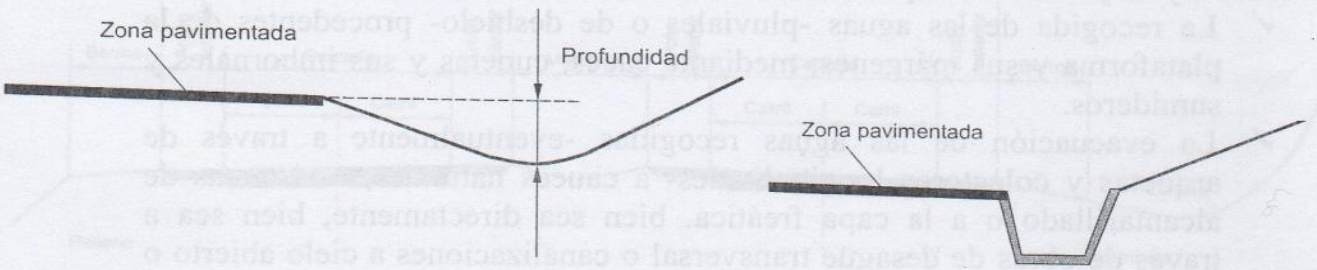


Figura 2.11 Cunetas

Los sumideros o imbornales permiten el desagüe de dispositivos superficiales de drenaje (caces o cunetas), al exterior (imbornales) o a un colector (sumideros). El sumidero puede ser continuo o aislado y, en este último caso, se pueden distinguir los de tipo horizontal (desagüe por su fondo), lateral (desagüe por su cajero) y mixto. Cada sumidero aislado deberá tener debajo una arqueta de la que pasará el agua al colector.

La toma de datos deberá, además, tener en cuenta los diferentes grados de protección de las zonas adyacentes a la carretera. A los efectos de la Ley de Carreteras, se establecen en las carreteras las siguientes zonas:

- De dominio público.
- De servidumbre.
- De afección.

Son de dominio público los terrenos ocupados por las carreteras estatales y sus elementos funcionales y una franja de terreno de ocho metros de anchura en autopistas, autovías y vías rápidas, y de tres metros en el resto de las carreteras, a cada lado de la vía, medidas en horizontal y perpendicularmente al eje de la misma, desde la arista exterior de la

© *ITES - Paraninfo*

explanación (la arista exterior de la explanación es la intersección del talud del desmonte, del terraplén o, en su caso, de los muros de sostenimiento colindantes con el terreno natural).

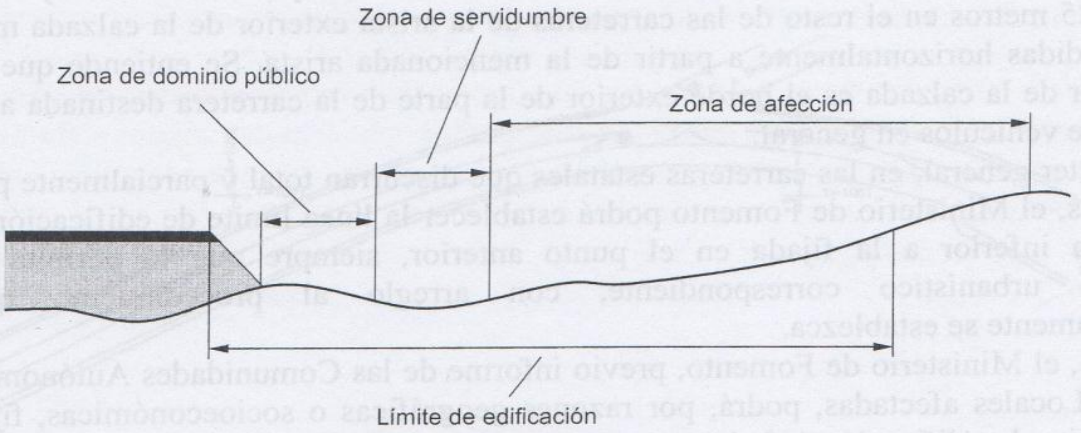


Figura 2.12 Zonas adyacentes a la carretera – Indicación del nivel de protección

Tabla 2.1 Delimitación de las zonas adyacentes a la carretera según nivel de protección

	Distancia (m)	
	Autopistas, autovías y vías rápidas	***Resto de carreteras***
Zona de dominio público	**8**	**3**
Zona de servidumbre	**25**	**8**
Zona de afección	**100**	**50**
Límite de edificación	**50**	**25**

En los casos especiales de puentes, viaductos, túneles, estructuras u obras similares, se podrá fijar como arista exterior de la explanación la línea de proyección ortogonal del borde de las obras sobre el terreno. Será en todo caso de dominio público el terreno ocupado por los soportes de la estructura.

La zona de servidumbre de las carreteras estatales consistirá en dos franjas de terreno a ambos lados de las mismas, delimitadas interiormente por la zona de dominio público y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación a una distancia de 25 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y de ocho metros en el resto de las carreteras, medidas desde las citadas aristas.

La zona de afección de una carretera estatal consistirá en dos franjas de terreno a ambos lados de la misma, delimitadas interiormente por la zona de servidumbre y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación a una distancia de 100 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y de 50 metros en el resto de las carreteras, medidas desde las citadas aristas.

© ITES - Paraninfo

A ambos lados de las carreteras estatales se establece la línea límite de edificación, desde la cual hasta la carretera queda prohibido cualquier tipo de obra de construcción, reconstrucción o ampliación, a excepción de las que resultaren imprescindibles para la conservación y mantenimiento de las construcciones existentes.

La línea límite de edificación se sitúa a 50 metros en autopistas, autovías y vías rápidas y a 25 metros en el resto de las carreteras de la arista exterior de la calzada más próxima, medidas horizontalmente a partir de la mencionada arista. Se entiende que la arista exterior de la calzada es el borde exterior de la parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos en general.

Con carácter general, en las carreteras estatales que discurran total y parcialmente por zonas urbanas, el Ministerio de Fomento podrá establecer la línea límite de edificación a una distancia inferior a la fijada en el punto anterior, siempre que lo permita el planeamiento urbanístico correspondiente, con arreglo al procedimiento que reglamentariamente se establezca.

Asimismo, el Ministerio de Fomento, previo informe de las Comunidades Autónomas y Entidades Locales afectadas, podrá, por razones geográficas o socioeconómicas, fijar una línea límite de edificación inferior a la establecida con carácter general, aplicable a determinadas carreteras estatales en zonas o comarcas perfectamente delimitadas.

No obstante lo anterior, en las variantes o carreteras de circunvalación que se construyan con el objeto de eliminar las travesías de las poblaciones, la línea límite de edificación se situará a 100 metros medidos horizontalmente a partir de la arista exterior de la calzada en toda la longitud de la variante.

2.2.3 NUDOS

Los nudos viarios son las zonas donde confluyen varias carreteras o vehículos con trayectorias diversas. Se pueden distinguir, dentro de los nudos viarios, las intersecciones, o nudos donde los movimientos se realizan en un nivel único, y los enlaces, donde aparecen diversos niveles.

En una intersección la definición completa incluirá el tipo de nudo, el área total, incluyendo los límites, y la forma de su distribución y ordenación. Existe una gran variedad de nudos, pero a grandes rasgos, se pueden distinguir entre:

- ✓ Nudos en "T" o en "Y", cuando confluyen tres tramos
- ✓ En cruz o en "X", para el caso de la confluencia de cuatro ramales
- ✓ Glorietas, cuando todo el tráfico gira alrededor del centro de la intersección

Las intersecciones además pueden estar completadas con isletas, refugios para peatones, zonas de circulación canalizada (aceleración o deceleración) por medio de señalización horizontal o bordillos, semáforos, señalización vertical,...

De forma adicional, en los nudos viarios, pueden existir tramos de centrado, en los que confluyen dos o más corrientes de tráfico, sin divergencia final, con lo que las trayectorias se pueden entrecruzar.

© ITES - Paraninfo

Es importante recoger las posibles trayectorias a realizar en un nudo, indicando si son de paso, giro a la derecha o giro a la izquierda, indicando las limitaciones físicas o reglamentarias existentes.

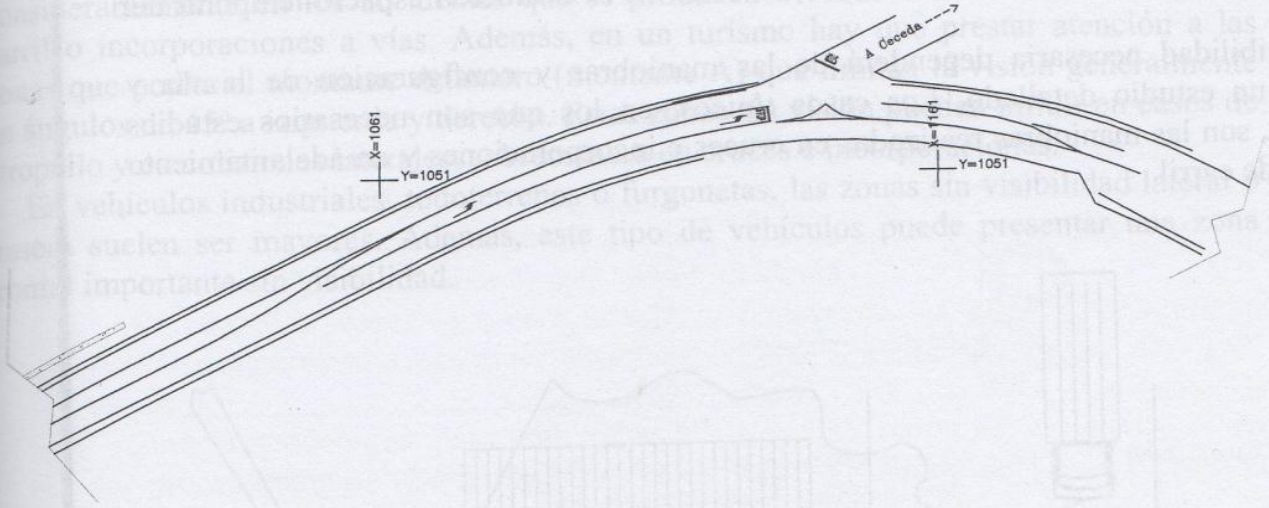


Figura 2.13 Estudio de la escena. Ejemplo de representación de detalle en planta de una zona significativa

2.2.4 VISIBILIDAD Y CAMPO DE VISIÓN

Un proceso adecuado de conducción necesita de información, que puede provenir de diversos medios. La información visual del conductor puede ser agrupada en tres categorías:

- ✓ Guiado del vehículo, influida por la perspectiva general de la plataforma, márgenes y elementos anejos a la vía
- ✓ Información obtenida, esencialmente, de los sistemas de señalización y balizamiento
- ✓ El resto de unidades de tráfico y usuarios de la vía y configuración general

En términos generales, en la investigación de un accidente de tráfico, hay que distinguir entre la **visibilidad disponible**, como la capacidad real de visión de un conductor o peatón en función de su ubicación en la vía y la **visibilidad necesaria**, que es la requerida para poder realizar una conducción segura y cómoda. Esta última será función de la velocidad de circulación, maniobras y la propia geometría de la vía y elementos instalados.

La visibilidad disponible debida a la vía estará en función tanto del alzado (rasantes) como de la planta (curvas, nudos, obstáculos visuales,...) de la escena del accidente. Pero además, también está condicionada por características propias del vehículo y de la posición del conductor en el mismo, como son, por ejemplo, la obstrucción visual de los

© ITES - Paraninfo

condicionante de la visibilidad es la iluminación y la meteorología, dentro de los cuales cabe destacar los posibles deslumbramientos solares, de luces de otros vehículos o de reflejo de superficies como factores a tener muy en cuenta. La toma de datos deberá recoger toda la información necesaria, en función de las trayectorias posibles seguidas por los vehículos, para determinar de forma lo más exacta posible las visibilidades disponibles en cada uno de los puntos importantes en la evolución espacio-temporal del accidente.

La visibilidad necesaria dependerá de las maniobras y configuración de la vía y requerirá un estudio detallado. Los casos típicos, en los que son necesarios estudios detallados, son las maniobras realizadas en cruces e incorporaciones y en adelantamiento o cambio de carril.

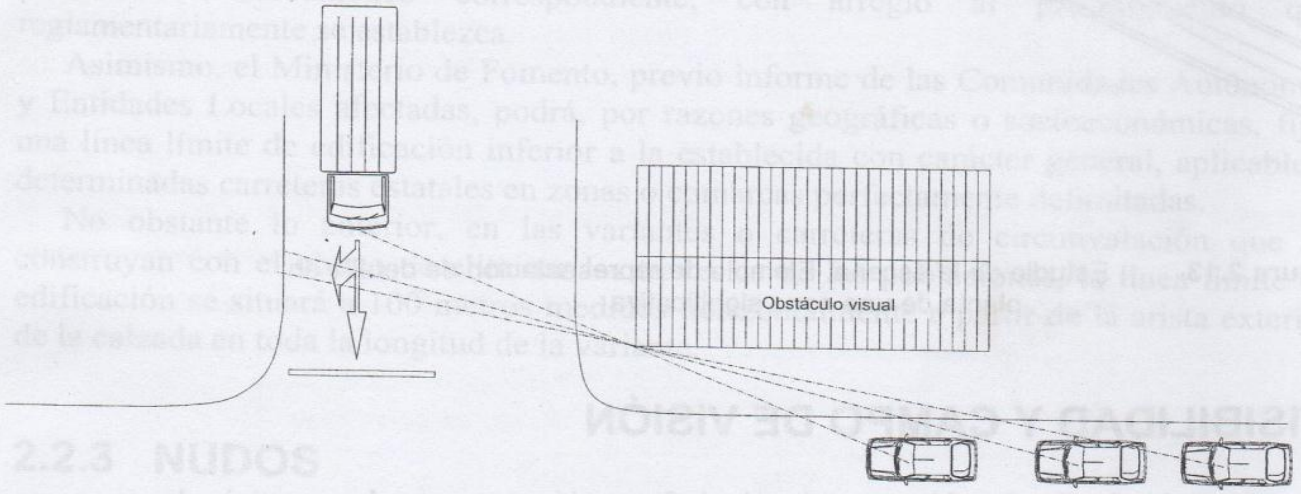


Figura 2.14a Visibilidad disponible en función de la trayectoria y el entorno. Vista en planta

Figura 2.14b Visibilidad disponible en función del trazado de la vía. Perfil longitudinal

EVALUACIÓN DEL CAMPO DE VISIÓN DEL CONDUCTOR

La evaluación del campo de visión del conductor desde el interior del vehículo debe permitir determinar la visibilidad disponible y lo que se conoce como ángulos muertos, es

© *ITES - Paraninfo*

decir, aquellas zonas que no son visibles desde la posición del conductor sin el desplazamiento del cuerpo o alguna de sus partes como la cabeza, cuello,...

En un turismo las zonas de no visibilidad que más influencia pueden tener en un accidente son las que no permiten ver los espejos retrovisores. Estas zonas influyen considerablemente en los accidentes que se producen a consecuencia de un cambio de carril o incorporaciones a vías. Además, en un turismo hay que prestar atención a las zonas que oculta el montante delantero (montante A) que limitan la visión generalmente en ángulos de 45º a izquierda y derecha. Estas zonas sin visión pueden influir en casos de atropello y en colisiones laterales, sobremanera en cruces e incorporaciones.

En vehículos industriales, todoterrenos o furgonetas, las zonas sin visibilidad lateral o trasera suelen ser mayores. Además, este tipo de vehículos puede presentar una zona frontal importante sin visibilidad.

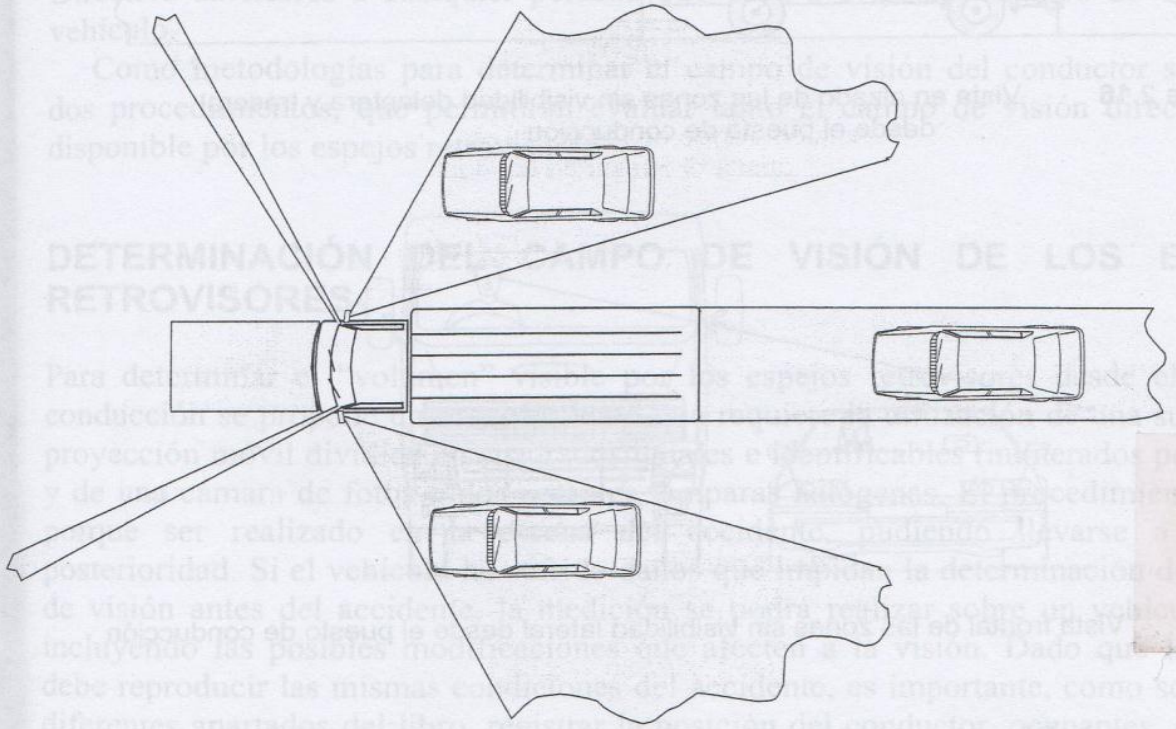


Figura 2.15 Vista en planta de las zonas sin visibilidad desde el puesto de conducción

De forma adicional hay que tener en cuenta que el campo de visión es un volumen, por lo que no sirve determinar aquellos puntos en la superficie de la carretera que son visibles desde el puesto de conducción, eso sería falsear la realidad.

En la homologación de los vehículos se contempla la medición del campo de visión, tanto de los espejos como de la parte delantera. Para ello se exige el cumplimiento de la Directiva 77/649/CEE del Consejo, de 27 de septiembre de 1977, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el campo de visión del

© ITES - Paraninfo

conductor de los vehículos a motor y la Directiva 71/127/CEE del Consejo, de 1 de marzo de 1971, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los retrovisores de los vehículos a motor, si bien, esta última podría ser derogada en breve por la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de los retrovisores y sistemas suplementarios de visión indirecta y de los vehículos equipados con estos dispositivos (2001/0317 (COD)). Esta propuesta exige su cumplimiento a todos los vehículos de clase M y N, e incorpora las nuevas tecnologías de visión indirecta (cámara-monitor) y aumenta el campo de visión exigible a espejos.

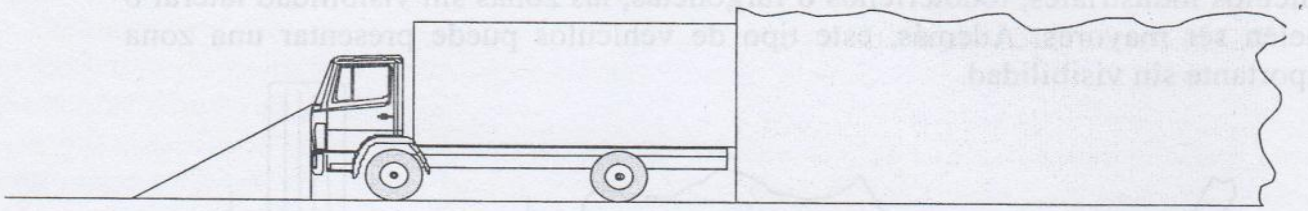


Figura 2.16 Vista en alzado de las zonas sin visibilidad delantera y trasera desde el puesto de conducción

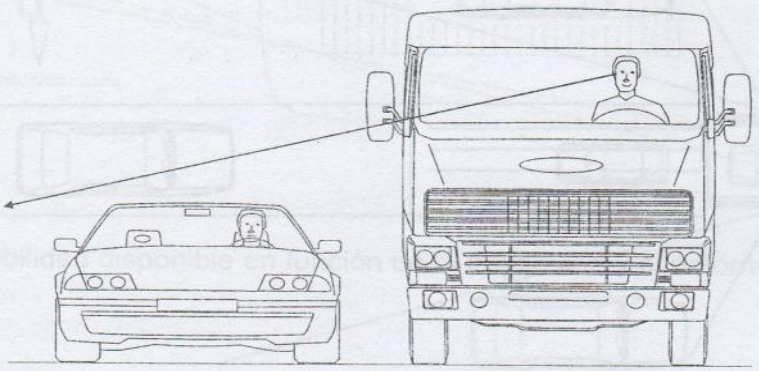


Figura 2.17 Vista frontal de las zonas sin visibilidad lateral desde el puesto de conducción

Según la propuesta de Directiva, el campo de visión mínimo de los espejos retrovisores se evalúa sobre la carretera, exigiendo unas distancias máximas al vehículo y una superficie mínima de la carretera que deben ser vistas por el conductor. Además, en la propuesta de Directiva se recoge que para los espejos interiores "el campo de visión podrá reducirse por la presencia de reposacabezas y de dispositivos tales como parasoles, limpiaparabrisas traseros, elementos de calefacción y luces de frenos de la categoría S3 o por componentes de la carrocería, como las columnas de las ventanillas de las dobles puertas traseras, a condición de que el conjunto de estos dispositivos no oculte más del 15% del campo de visión especificado cuando se proyecte sobre un plano vertical perpendicular al plano longitudinal medio del vehículo. El grado de obstrucción se medirá

© *ITES - Paraninfo*

con los reposacabezas en la posición más baja posible prevista por su sistema de ajuste y con los parasoles recogidos". En cuanto a los espejos exteriores, "las obstrucciones debidas a la carrocería y a algunos de sus elementos, como otros retrovisores, tiradores de las puertas, luces de gálibo, indicadores de dirección o extremidades de los parachoques traseros, así como a los elementos de limpieza de las superficies reflectantes, no se tendrán en cuenta si el conjunto de dichas obstrucciones fuese inferior al 10% del campo de visión establecido."

Por otro lado, la Directiva 77/649/CEE establece unos límites a la obstrucción de la visión delantera del conductor por montantes y otros elementos del vehículo. Cualquier modificación del vehículo posterior a su homologación puede alterar el campo de visión, por lo que hay que prestar especial atención en el caso de observas tales modificaciones, por si pudieran tener relación directa con el accidente.

En cualquier caso, es recomendable la lectura de las Directivas y propuesta de Directiva anteriores a cualquier persona que vaya a evaluar el campo de visión de un vehículo.

Como metodologías para determinar el campo de visión del conductor se proponen dos procedimientos, que permitirán evaluar tanto el campo de visión directo como el disponible por los espejos retrovisores.

DETERMINACIÓN DEL CAMPO DE VISIÓN DE LOS ESPEJOS RETROVISORES

Para determinar el "volumen" visible por los espejos retrovisores desde el puesto de conducción se propone un procedimiento que requiere la utilización de una superficie de proyección móvil dividida en cuadrados iguales e identificables (numerados por ejemplo) y de una cámara de fotos o dos potentes lámparas halógenas. El procedimiento no tiene porque ser realizado en la escena del accidente, pudiendo llevarse a cabo con posterioridad. Si el vehículo ha sufrido daños que impidan la determinación de su campo de visión antes del accidente, la medición se podrá realizar sobre un vehículo similar, incluyendo las posibles modificaciones que afecten a la visión. Dado que la medición debe reproducir las mismas condiciones del accidente, es importante, como se detalla en diferentes apartados del libro, registrar la posición del conductor, ocupantes, cargas, etc. El procedimiento a seguir para el campo de visión del espejo centra es el que se detalla a continuación y se ilustra en las figuras 2.18, 2.19 y 2.20:

1. Colocar la superficie "graduada" perpendicularmente al plano longitudinal del vehículo y lo más vertical posible, tocando la parte trasera del vehículo, de tal manera que la parte graduada sea visible por el conductor a través del espejo.
2. Se determinará la posición de los ojos del conductor y o bien se toma una fotografía del espejo desde dicha posición o se colocan dos potentes focos de luz en la misma separados la distancia de los ojos. La fotografía del espejo permite ver los cuadros que son visibles sobre la pantalla, simplificando el procedimiento, pero no permite una gran precisión de la medida por no "simular" los dos ojos del

© ITES - Paraninfo

conductor. Para que la evaluación del campo de visión, con la utilización de una cámara fotográfica, sea lo más aproximado posible a la realidad es necesario simular la "visión ambiocular" de la persona. Esto se consigue con la superposición de los campos monoculares del ojo derecho y del ojo izquierdo, es decir, con dos fotografías tomadas desde la posición de ambos ojos. Si se utilizan los dos focos de luz, el reflejo sobre la superficie iluminará la zona visible. Esa zona visible puede ser fotografiada para su posterior medición o bien puede ser medida in situ. La utilización de este último método requiere poca luz ambiente por lo que debe realizarse en un ambiente oscurecido o en penumbra. La ventaja de utilizar dos potentes fuentes de luz, separadas entre sí la distancia que separa los ojos, es que se simula la "visión ambiocular" del ser humano, obteniendo resultados más exactos.

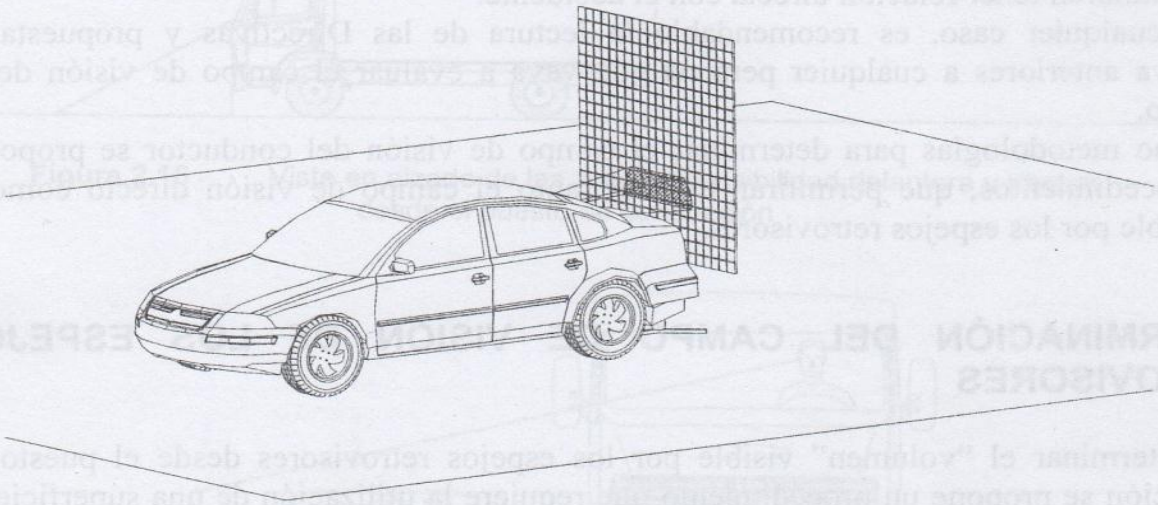


Figura 2.18 Medición del campo de visión del espejo retrovisor central

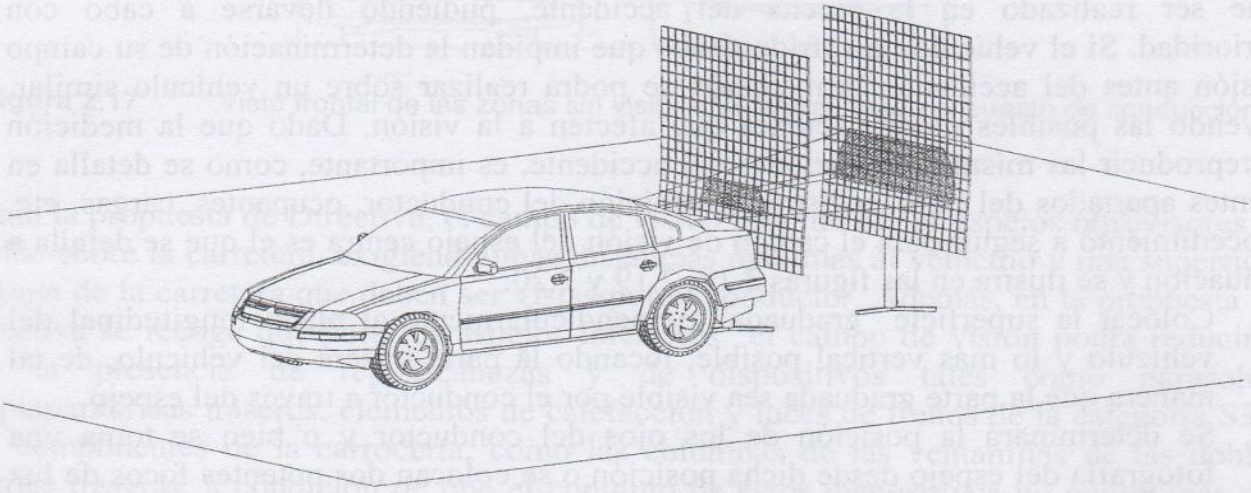


Figura 2.19 Medición del campo de visión del espejo retrovisor central

© ITES - Paraninfo

3. Hecha la primera medición se desplazará la superficie de proyección 2 metros y se repetirá el procedimiento. Con las dos superficies medidas y conocidas sus posiciones será fácil el cálculo posterior del "volumen" visible utilizando un programa de dibujo tridimensional o por medios de dibujo tradicionales.

El procedimiento a seguir para el campo de visión de los espejos laterales extèriores u otros espejos auxiliares central es similar al descrito, mediante la realización de dos mediciones, colocando la superficie vertical de proyección en dos posiciones diferentes, una por ejemplo a 1 m del espejo y otra en la trasera del vehículo.

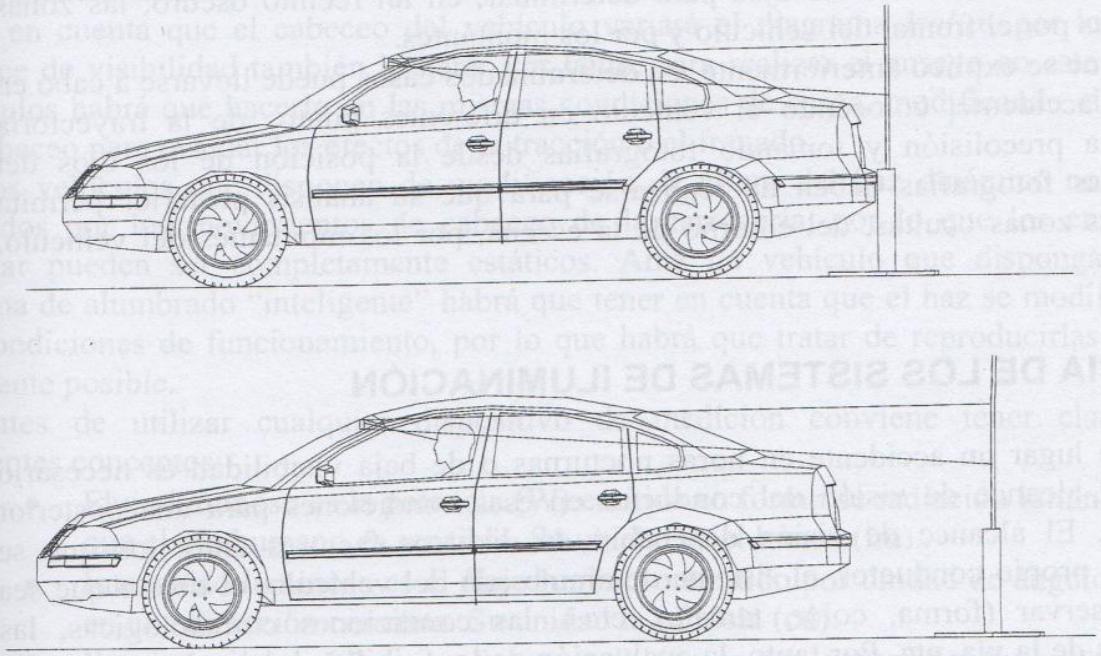


Figura 2.20 Mediciones para la evaluación del campo de visión del espejo retrovisor central. Vista lateral

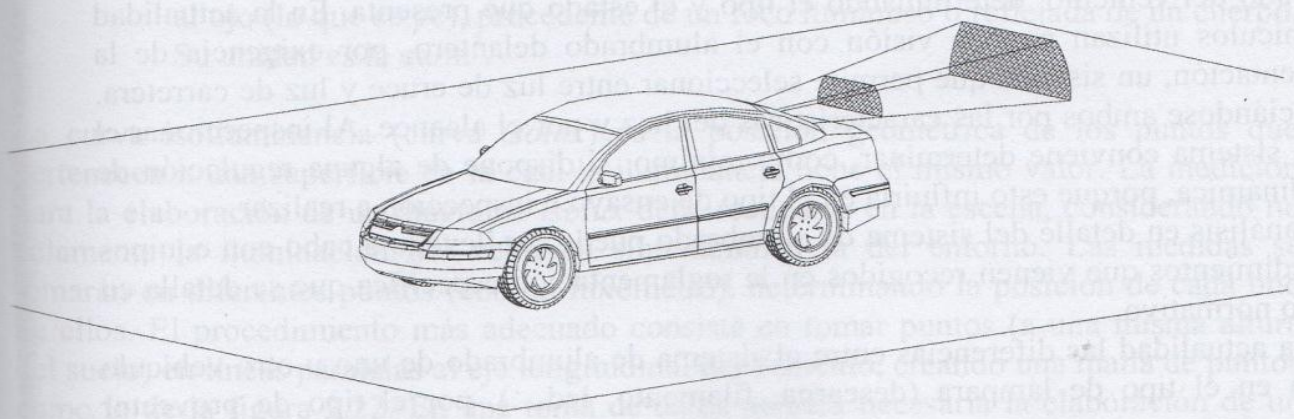


Figura 2.21 Campo de visión del espejo retrovisor central

© ITES - Paraninfo

En casos determinados puede llevarse a cabo la evaluación del campo de visión en la escena. En ese caso, situando el vehículo en el punto de su trayectoria que se considere oportuno (punto de percepción posible, por ejemplo) se tomarán varias fotos a la imagen reflejada en el espejo, colocando la cámara a la altura de los ojos del conductor.

DETERMINACIÓN DEL CAMPO DE VISIÓN ANTERIOR

En cualquier vehículo el campo de visión delantero es mucho más amplio que el trasero por lo que en caso de utilizar una pantalla de proyección sería necesario que tuviese unas dimensiones considerables. En este caso puede ser más práctico las utilización de dos potentes focos a la altura de los ojos para determinar, en un recinto oscuro, las zonas ensombrecidas por el frontal del vehículo y por los montantes.

Al igual que se explicó anteriormente, en determinados casos puede llevarse a cabo en el lugar del accidente, colocando el vehículo en diferentes puntos de la trayectoria seguida en la precolisión y tomando fotografías desde la posición de los ojos del conductor. Las fotografías deben de realizarse para que su análisis posterior permita determinar las zonas ocultas, del entorno de la escena, por los montantes del vehículo, puertas, etc.

INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Cuando tiene lugar un accidente en horas nocturnas o de baja visibilidad es necesario determinar el alcance de visión del conductor en esas condiciones para una posterior investigación. El alcance de visión dependerá de diversos factores entre los que se encuentran el propio conductor, el sistema de alumbrado del vehículo, el objeto que sea necesario observar (forma, color, tamaño, etc.), las condiciones climatológicas, las características de la vía, etc. Por tanto, la evaluación de la visibilidad debe de contemplar todos estos condicionantes, tratando de que se haga repitiendo de la forma más precisa las condiciones en el momento del accidente.

Antes de realizar cualquier evaluación conviene realizar una inspección al sistema de alumbrado del vehículo, determinando el tipo y el estado que presenta. En la actualidad los vehículos utilizan para la visión con el alumbrado delantero, por exigencia de la reglamentación, un sistema que permite seleccionar entre luz de cruce y luz de carretera, diferenciándose ambos por las características del haz y por el alcance. Al inspeccionar el tipo de sistema conviene determinar, como mínimo, si dispone de alguna regulación de altura dinámica, porque esto influiría en el tipo de ensayo e inspección a realizar.

Un análisis en detalle del sistema de alumbrado puede ser llevado a cabo con equipos y procedimientos que vienen recogidos en la reglamentación específica que se detalla en el anexo normativo.

En la actualidad las diferencias entre el sistema de alumbrado de uno u otro vehículo estriban en el tipo de lámpara (descarga, filamento, led,...), por el tipo de proyector

© ITES - Paraninfo

(reflector parabólico, elíptico y superficie compleja), por la presencia de un sistema de regulación de altura dinámico y por la presencia de un sistema de limpieza (estos dos últimos obligatorios con lámparas de descarga). Sin embargo, están desarrollados, a la espera de la reglamentación oportuna, sistemas adaptativos o "inteligentes" que modifican de forma automática el haz, tanto en su forma como en su intensidad, para adaptarlos a las condiciones en las que se circula. Es importante destacar que está previsto que la nueva reglamentación exija en los vehículos un sistema de alumbrado más flexible que disponga de iluminación para ciudad, para carretera, de autopista, curva, etc.

Se desprende de lo anterior que el tipo de ensayo dependerá del sistema de alumbrado que disponga el vehículo. Para sistemas de alumbrado tradicional que carecen de modificación dinámica de la altura del haz (regulación de altura dinámica) habrá que tener en cuenta que el cabeceo del vehículo variará el diagrama *isolux*, por lo que el alcance de visibilidad también lo hará. Por tanto, para realizar el ensayo en este tipo de vehículos habrá que hacerlo en las mismas condiciones de carga, modificando el ángulo de cabeceo para evaluar los efectos de la tracción o el frenado.

Los vehículos que disponen de modificación de altura del haz dinámico no se ven influidos por los movimientos de cabeceo de la carrocería, por lo que los ensayos a realizar pueden ser completamente estáticos. Ante un vehículo que disponga de un sistema de alumbrado "inteligente" habrá que tener en cuenta que el haz se modifica con las condiciones de funcionamiento, por lo que habrá que tratar de reproducirlas lo más fielmente posible.

Antes de utilizar cualquier dispositivo de medición conviene tener claros los siguientes conceptos:

- Flujo luminoso es la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su unidad es el lumen (lm).
- Intensidad luminosa es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su unidad la candela (cd).
- Iluminancia es el flujo luminoso recibido por una superficie. Su unidad es el lux (lx), que equivale a 1 lm/m^2.
- Luminancia es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Es la medida de la luz que llega al ojo (lo que se ve), procedente de un foco luminoso o reflejada de un cuerpo. Su unidad es la cd/m^2.

La curva isoiluminancia (curva *isolux*) es la posición geométrica de los puntos que pertenecen a una superficie en la cual la iluminancia tiene el mismo valor. La medición para la elaboración de un diagrama *isolux* debe realizarse en la escena, considerando no solamente la iluminación del vehículo sino también la del entorno. Las medidas se tomarán en diferentes puntos (con un luxómetro), determinando la posición de cada uno de ellos. El procedimiento más adecuado consiste en tomar puntos (a una misma altura del suelo) en líneas paralelas al eje longitudinal del vehículo, creando una malla de puntos como la de la figura 2.22. En una toma de datos no será necesaria la elaboración de un

© ITES - Paraninfo

diagrama *isolux* para analizar la visibilidad, bastará con recoger el dato de la medición en los puntos indicados.

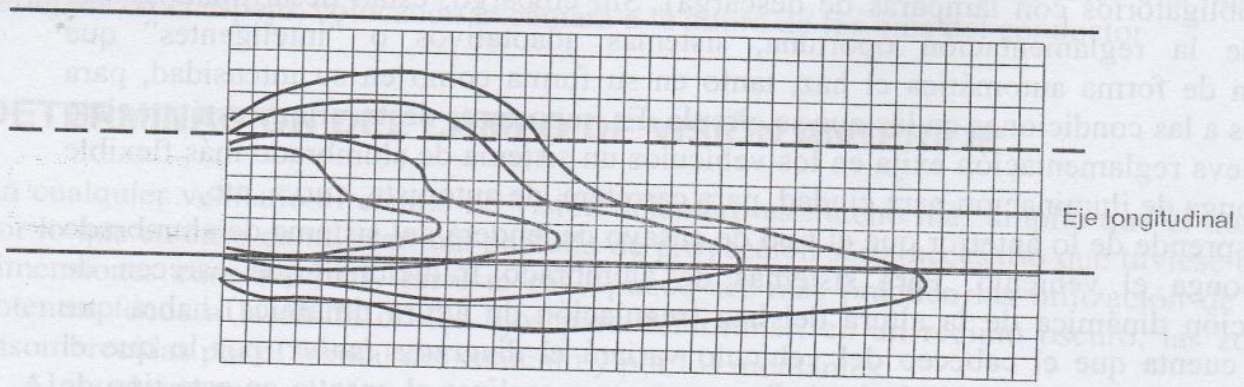


Figura 2.22 Puntos de medición para la elaboración de un digrama *isolux* de distribución del haz de cruce. Las curvas representa la zona con igual iluminancia, disminuyendo con la distancia al vehículo

DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento de un conductor puede estar motivado por la incidencia directa de una fuente de luz (alumbrado de otro vehículo, el sol, etc.) o por el reflejo de la luz en determinadas superficies.

Cuando se produce un accidente en un día soleado es necesario comprobar y anotar la posición del sol con respecto a la trayectoria seguida por el o los vehículos implicados. Si se sospecha que el sol ha podido tener influencia en el mismo, será necesario comprobar su incidencia sobre el conductor. La comprobación debe realizarse instantes posteriores al accidente, dado que la posición del sol varía con el tiempo. Si no fuese posible se realizaría la comprobación en días posteriores, a ser posible al día siguiente, y a la misma hora en la que tuvo lugar el accidente. La comprobación no debe demorarse en el tiempo por la variación que sufre la altura del sol debida a los movimientos del eje de la tierra.

La comprobación debe realizarse con el vehículo implicado o uno similar, teniendo en cuenta la posición de los ojos del conductor (altura y posición del asiento) y los elementos que pudiesen modificar la incidencia del sol (parasoles, espejo retrovisor, objetos sobre la lunas, etc.). Se indicarán los puntos de la trayectoria del vehículo en los cuales el sol incidía de forma directa sobre los ojos del conductor.

En carreteras llanas, el deslumbramiento por sol es más probable que se produzca en las primeras horas de la mañana y en la últimas de la tarde. En invierno la franja horaria en la que hay probabilidad de deslumbramiento aumenta porque la altura del sol es menor que en verano. En carreras onduladas o en rampas importantes el deslumbramiento puede producirse a cualquier hora del día. En cualquier caso habrá que prestar especial atención cuando en los laterales puedan existir obstáculos que oculten momentáneamente el sol, como árboles, casas, túneles, etc. y en carreteras viradas de montaña.

© ITES - Paraninfo

Aunque no es en sí un deslumbramiento, el sol dificulta la visión cuando incide sobre la luna delantera del vehículo y éste se acerca a una zona de sombra u oscura. Una situación típica es la entrada en túneles no excesivamente iluminados cuando el sol incide de forma directa en el frontal del vehículo. En estos caso es prácticamente imposible, durante unos instantes, observar lo que hay en el interior del túnel pudiendo ocasionar una colisión contra un obstáculo, como puede ser un peatón u otro vehículo.

Una de las consecuencias del deslumbramiento por el sol es la imposibilidad de visión de señales, como puede ser el caso del color de un semáforo. Cuando la señal está situada entre el sol y el conductor, de tal manera que está muy próxima a la línea que une los ojos del conductor y el sol, la visibilidad de la misma es prácticamente imposible. Esto es necesario contemplarlo en una toma de datos.

Como ya se ha mencionado, el deslumbramiento también puede ser motivado por las luces de los vehículos que circulan en sentido contrario. En caso de ser uno de los motivos del accidente será difícil de determinar, puesto que el vehículo que origina el deslumbramiento no suele, aparentemente, estar implicado de forma directa y, en la mayoría de los casos, no está presente en la zona del accidente. En este último caso habrá que recurrir a los testigos. Pero si el vehículo causante del deslumbramiento está en el lugar del accidente habrá que comprobar el estado y tipo de sistema de alumbrado, la carga y la iluminación que lleva seleccionada. Además, si este vehículo ha sufrido un choque frontal, el análisis de las lámparas, algo que será abordado en temas posteriores, puede servir para determinar si estaban encendidas las luces de carretera.

Por último, el deslumbramiento puede estar producido por el reflejo de una superficie, de algún objeto interno o externo al vehículo. La superficie de rodadura de la carretera con agua puede ser causante de un deslumbramiento por el reflejo del alumbrado público o de otros focos luminosos.

2.2.5 FIRME Y PAVIMENTO

Se define el firme como el conjunto de capas superpuestas de distintos materiales, que reciben las cargas del tráfico y las transmiten, disipándolas a los estratos inferiores, proporcionando una superficie de rodadura, que debe garantizar una circulación segura y cómoda. El pavimento es la parte superior del firme cuya misión es resistir los esfuerzos producidos por la circulación. Un firme se compone, de forma general de varias capas que son:

- ✓ Capa de base: Capa situada en la parte inferior del firme cuya misión es eminentemente estructural.
- ✓ Capa de rodadura: Capa superior del firme, constituida, por ejemplo, por un pavimento de mezcla bituminosa.
- ✓ Capa o capas intermedias.

Básicamente existen dos tipos de firmes: rígidos y flexibles. El firme rígido se compone normalmente de losas de hormigón que en algunas ocasiones presenta un armado de

© ITES - Paraninfo

acero, y que pueden o no incorporar capas subyacentes de materiales granulares estabilizados o inestabilizados. Dado el elevado módulo de elasticidad del hormigón, los pavimentos rígidos no presentan deformaciones importantes ante las cargas transmitidas por el tráfico rodado ya que las distribuyen sobre una superficie grande.

El firme flexible está compuesto principalmente de un pavimento bituminoso, base y sub-base, y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas. Estos tipos de pavimentos se llaman "flexibles" puesto que la estructura total del pavimento se deforma (flexiona) para acomodar las cargas del tráfico. Están constituidos por áridos y ligante bituminoso. Estos ligantes son, principalmente, alquitranes, betunes asfálticos y ligantes sintéticos.

Existe además el firme semiflexible, que es aquél constituido por capas de mezcla bituminosa, de espesor total igual o superior a 15 cm, sobre capas granulares no tratadas. El firme semirrígido, por su parte, está constituido por un pavimento bituminoso de cualquier espesor sobre una o más capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, con espesor conjunto de éstas igual o superior a 20 cm.

La Instrucción de Carreteras 6.1 y 2 I-C, en particular, en lo referido a las secciones de firme, según se cita en la Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, indica que cada sección se designa por un número de tres o cuatro cifras. La primera (si son tres cifras) o las dos primeras (si son cuatro cifras) indican la categoría de tráfico pesado, desde T00 a T42. La penúltima expresa la categoría de explanada, desde E1 a E3. La última hace referencia al tipo de firme, con el siguiente criterio:

1. Mezclas bituminosas sobre capa granular.
2. Mezclas bituminosas sobre suelocemento.
3. Mezclas bituminosas sobre gravacemento construida sobre suelocemento.
4. Pavimento de hormigón: constituido por losas de hormigón en masa, separadas por juntas, o por una losa continua de hormigón armado; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación y maquinaria específica para su extensión y acabado superficial.

Los diversos materiales que pueden configurar las secciones de firmes, se agrupan en diversas categorías:

- ✓ Mezclas bituminosas en caliente: Combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) y aditivos, de manera que todas las partículas de árido queden recubiertas de una película de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los áridos, y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la ambiente.
- ✓ Mezclas bituminosas discontinuas en caliente: Mezcla bituminosa en caliente para capas de rodadura cuyos áridos presentan una discontinuidad granulométrica muy acentuada en los tamices inferiores del árido grueso.
- ✓ Mezclas bituminosas drenantes.
- ✓ Mezclas bituminosas abiertas en frío: Combinación de una emulsión bituminosa, áridos con un contenido de finos muy reducido y aditivos, de manera que todas las partículas de árido queden recubiertas de una película de ligante. Su proceso

© ITES - Paraninfo

de fabricación no implica calentar el ligante ni los áridos, y su puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

- ✓ Mezclas bituminosas de alto módulo: Mezcla bituminosa en caliente en la que el valor del módulo dinámico a veinte grados Celsius (20ºC), según la NLT-349, es superior a once mil megapascales (11.000 MPa).
- ✓ Pavimentos de hormigón: Hormigón de firme y hormigón magro vibrado (mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimentos de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación).
- ✓ Materiales tratados con cemento: Gravacemento (mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y excepcionalmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carretera) o suelocemento (mezcla homogénea de materiales granulares como zahorra, suelo granular o productos inertes de desecho con cemento, agua y eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carretera).
- ✓ Gravaemulsión.
- ✓ Gravaescoria.
- ✓ Zahorra: Material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme. Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas. Zahorra natural es el material formado básicamente por partículas no trituradas.
- ✓ Macadam: Material granular, de granulometría discontinua, obtenido al extender y compactar áridos gruesos, cuyos huecos se rellenan con áridos finos.

La toma de datos deberá analizar los diversos firmes y pavimentos existentes en la escena del accidente, con sus características estructurales, composición, comportamiento mecánico y posibles defectos o alteraciones. Para ello, en caso de ser necesario, se puede realizar la auscultación del firme, que implica el reconocimiento de las características estructurales o superficiales mediante equipos específicos de medida.

Otro aspecto a tener en cuenta en la toma de datos son los defectos que puede presentar el firme. En este sentido, el Catálogo de deterioro en firmes, editado por el entonces MOPU, recoge una clasificación de los defectos. En firmes flexibles y semirrígidos se pueden distinguir:

- ✓ Deformaciones:
  - Rodera: Deformación transversal, por hundimiento a lo largo de las rodadas, acompañado en general de cordones laterales por fluencia del material del pavimento.
  - Hundimiento: Alteraciones de nivel localizadas que pueden crear desniveles importantes y bruscos.
  - Blandón: Asiento localizado de la superficie de la calzada que la configura en forma de hundimiento.

© ITES - Paraninfo

- Bordón longitudinal: Desplazamiento horizontal del material en la superficie de rodadura creando protuberancias prolongadas en la dirección del tráfico, generalmente en el borde de la calzada.
- Arrollamiento transversal: Desplazamiento del material en la superficie de rodadura creando protuberancias prolongadas en sentido perpendicular al tráfico.
- Firme ondulado: Ondulaciones transversales en la superficie de rodadura en forma regular y próximas, recordando la chapa ondulada.
- Ondulación: Onda o sucesión de ondas transversales distantes entre sí más de 60 cm.
- Huella: Impresión en relieve que se localiza en la superficie de rodadura, ocasionada por el paso de vehículos pesados.
- Protuberancia: Hinchamiento localizado en la calzada.
- Burbuja: Hinchamiento localizado de la calzada en forma de ampolla de tamaño variable, producido por presión del vapor de agua o aire en zonas de capa de rodadura impermeable, débil en espesor o consistencia.

✓ Roturas:

- Fisura o grieta longitudinal central: Es una fisura o grieta que sigue el eje de la calzada.
- Fisura o grieta longitudinal lateral: Es una línea de rotura paralela al eje y próxima al borde de la calzada.
- Fisura o grieta transversal: Es una línea de rotura transversal o sensiblemente perpendicular al eje de la carretera.
- Fisura o grieta errática: Línea de rotura en forma de zig-zag, normalmente siguiendo una dirección longitudinal.
- Fisura o grieta parabólica: Son líneas de rotura curvadas que se asemejan a parábolas o en forma de media luna.
- Piel de cocodrilo o cuarteo en malla fina: Malla de líneas de rotura con diagonales no mayores de 20 cm.
- Cuarteo en malla gruesa: Malla de líneas de rotura con diagonales de longitud superior a 20 centímetros.
- Grietas en las rodadas: Son grietas en o junto al eje en la zona de rodadas.
- Fisura o grieta en el borde de la calzada: Línea de rotura en el borde del pavimento.
- Grieta reflejada: Grieta reflejada por agrietamiento de las capas inferiores.
- Grieta curva: Grieta en forma de arco de circunferencia oblicuo.
- Fisuras finas: Pequeñas y finas fisuras superficiales muy próximas.

✓ Desprendimientos:

- Firme brillante: Aspecto brillante oscuro de la calzada.
- Descarnadura: La superficie de rodadura aparece parcialmente descarnada, por arranque de gravilla.
- Áridos pulimentados: La superficie de la calzada aparece lisa y pulida por desgaste de los áridos debido al efecto de abrasión por acción del tráfico.

© ITES - Paraninfo

- Peladura: Zona localizada en la que la capa de rodadura se ha desprendido del firme (mezcla o riego).
- Bache: Cavidades producidas en el pavimento y firme de forma irregular y diferentes tamaños.
- Fallo de envuelta: Separación de la película de ligante de los áridos en presencia de humedad.
- Desintegración: Descomposición del firme con pérdida progresiva del material de la calzada.
- Verruga: Los áridos más gruesos sobresalen de la capa de rodadura en forma de protuberancias, por pérdida de mortero o desgaste de otros áridos más blandos.
- Estriado: Franjas de gravilla alternativamente desprendidas, paralelas al eje de la calzada.

✓ Exudaciones:
- Exudación: Presencia de ligante en zonas de la superficie de la calzada, dándola un aspecto brillante.
- Flujo de ligante: Ascenso del betún a la superficie de rodadura a través de una grieta.
- Mancha de humedad: Aparición de zonas húmedas en la superficie
- Ascensión de finos: Señales blanquecinas en la superficie de la calzada.

Para el caso de firmes rígidos se incluyen:

✓ Deformaciones:
- Escalonamiento: Cuando un borde, en una junta, aparece hundido y el otro levantado.
- Asiento: Descenso de la superficie de la carretera, observado frecuentemente en la unión con obras de fábrica.

✓ Roturas:
- Fisura o grieta longitudinal: Línea de rotura paralela al eje de la calzada.
- Fisura o grieta transversal: Línea de rotura perpendicular al eje de la calzada.
- Rotura en esquina: Grieta que se produce oblicuamente entre juntas transversal y longitudinal.
- Cuarteo en malla grande: Fisuración en forma reticulada con desniveles de los trozos rotos.
- Piel de cocodrilo o cuarteo en malla fina: Grietas capilares limitadas a la superficie del pavimento.
- Rotura de junta transversal: Parte de la losa aparece rota o reventada en el borde de una junta transversal.
- Descascarillado: Desintegración progresiva de la superficie; primero se desprende el mortero y luego los áridos.

© ITES - Paraninfo

- Pérdida de estanqueidad: Despegue o rotura del productor de sellado, dejando penetrar el agua a través de la junta.
- Pandeo: Levantamiento localizado de la losa que se produce normalmente en una junta o grieta transversal o en una parte débil del pavimento.
- Desconchado: Desintegración del borde de la junta o grieta provocando la remoción del hormigón de buena calidad.
- Arranque de árido grueso: Desconchado del hormigón y pérdida de áridos gruesos.
- Bache: Cavidades de forma redondeada, de varios tamaños, producidas en el pavimento.
- Peladura: Zona localizada en la que la capa de mortero (o la de microhormigón o reconstrucción de la capa de rodadura) se ha desprendido del firme.

✓ Fluencias:
- Expulsión del producto sellado: Fluencia del sellado
- Surgencia: Expulsión de agua mezclada con arcilla o limo, a través de juntas o grietas, al pasar los vehículos, creando cavidades bajo las losas.

✓ Otros defectos:
- Falta de textura superficial: Pérdida de la necesaria textura superficial haciéndola deslizante.
- Desgaste en las rodadas: Depresión en la zona de rodadas por remoción de los materiales de la superficie.
- Junta longitudinal abierta: Abertura excesiva de la junta longitudinal del eje sin anclajes.

2.2.6 ELEMENTOS Y DOTACIONES VIARIAS

Existen diversos elementos y dispositivos que se emplean para ordenar y regular la circulación, transmitir información, detectar y registrar las condiciones de la circulación y mejorar la seguridad. Esencialmente estos elementos están agrupados en las siguientes categorías:

- Señalización horizontal y vertical
- Balizamiento
- Sistemas de contención
- Alumbrado
- Sistemas de detección del tráfico

La identificación de estos elementos, se realizará según lo indicado en el Reglamento General de Circulación según indica el 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.

© *ITES - Paraninfo*

SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Permite transmitir información sobre las regulaciones específicas de la circulación, peligros potenciales y el camino a seguir. Por señal se designa a uno de estos elementos, compuesto por:

- Unos símbolos o leyendas.
- La superficie en que están inscritos, generalmente una placa.
- En su caso, unos dispositivos específicos de sustentación. (En general, postes, aunque también se pueden emplear otros cuya función específica es otra: obras de paso, muros).

Las señales cuya placa termina lateralmente en una punta direccional se denominan carteles flecha. Si la placa en que estén inscritos los símbolos o leyendas no es unitaria, sino que está formada por un conjunto de lamas, debido generalmente a sus mayores dimensiones, el elemento se designa como cartel. Si las dimensiones del cartel resultan muy grandes, se suele dividir en varios subcarteles.

Los elementos de sustentación pueden ser postes, banderolas o pórticos. A fin de facilitar la interpretación de las señales o carteles, se añaden a veces indicaciones en paneles complementarios. Según el Catálogo Oficial de Señales de Circulación y atendiendo a su funcionalidad, las señales y carteles se clasifican en:

- ✓ Señales de advertencia de peligro, cuya forma es generalmente triangular.
- ✓ Señales de reglamentación, cuya forma es generalmente circular y, a su vez se clasifican en:
  - De prioridad
  - De prohibición de entrada
  - De restricción de paso
  - Otras de prohibición o restricción
  - De obligación
  - De fin de prohibición o restricción
- ✓ Señales o carteles de indicación, cuya forma es generalmente rectangular, y se clasifican en:
  - De indicaciones generales
  - Relativas a carriles
  - De servicio
  - De orientación, a su vez subdivididos en:
    - De preseñalización
    - De dirección
    - De localización
    - De confirmación
    - De uso específico en zona urbana
  - Otras señales
  - Paneles complementarios, generalmente de forma rectangular y menores dimensiones que la señal o cartel a que acompañan.

© ITES - Paraninfo

En la fase de la toma de datos se deberán indicar todas las señales verticales existentes en la escena del accidente así como su situación, estado, visibilidad y todos aquellos aspectos que se estimen útiles en las fases posteriores de la investigación del accidente. Se hará constar la nomenclatura y significado indicados en el Reglamento General de Circulación.

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL O MARCAS VIALES

Las marcas viales son líneas o figuras, aplicadas sobre el pavimento, que tienen por misión satisfacer una o varias de las siguientes funciones:

- ✓ Delimitar carriles de circulación.
- ✓ Separar sentidos de circulación.
- ✓ Indicar el borde de la calzada.
- ✓ Delimitar zonas excluidas a la circulación regular de vehículos.
- ✓ Reglamentar la circulación, especialmente el adelantamiento, la parada y el estacionamiento.
- ✓ Completar o precisar el significado de señales verticales y semáforos.
- ✓ Repetir o recordar una señal vertical.
- ✓ Permitir los movimientos indicados.
- ✓ Anunciar, guiar y orientar a los usuarios.

Las marcas viales se clasifican en los siete grupos siguientes:

1. Longitudinales discontinuas.
2. Longitudinales continuas.
3. Longitudinales continuas adosadas a discontinuas.
4. Transversales.
5. Flechas.
6. Inscripciones.
7. Otras marcas.

El fin inmediato de las marcas viales es aumentar la seguridad, eficacia y comodidad de la circulación, por lo que es necesario que se tengan en cuenta en cualquier actuación vial como parte integrante del diseño, y no como mero añadido posterior a su concepción.

Las marcas viales serán, en general, de color blanco. Este color corresponderá a la referencia B-118 de la norma UNE 48 103. Serán de color amarillo las marcas viales, continuas o discontinuas, colocadas en un bordillo o junto al borde de la calzada o de la zona peatonal, para indicar prohibición o restricción de la parada o del estacionamiento. También serán de color amarillo las líneas en zig-zag que podrán emplearse para indicar lugares donde el estacionamiento este prohibido y que generalmente están reservados para algún uso especial. Asimismo, serán de este color las marcas de cuadricula, que recuerdan la prohibición de bloquear una intersección. El color amarillo corresponderá a la referencia B-502 de la norma UNE-48 103.

© *ITES - Paraninfo*

Podrán utilizarse marcas viales de color azul para delimitar una zona de estacionamiento, o un tramo de vía en el que la duración del estacionamiento este limitada y deba el conductor indicar de forma visible la hora de comienzo del mismo.

Las marcas de color blanco serán, en general, reflectantes. Podrán exceptuarse de serlo las aplicadas en vías iluminadas o urbanas. Las marcas viales de color amarillo o azul en general no serán reflectantes.

Podrán ser de color naranja las marcas viales que se utilicen temporalmente para guiar o regular la circulación en un punto singular como consecuencia, normalmente, de la presencia de obras en la calzada.

La fase de la toma de datos deberá indicar las marcas viales existentes en la escena del accidente así como otros aspectos que puedan analizar su adecuación. También se recogerán datos sobre su estado de conservación, desgaste, etc.

BALIZAMIENTO

Las balizas son dispositivos instalados con carácter permanente o temporal para mejorar la información visual al conductor. Se definen como elementos de balizamiento retrorreflectantes aquellos dispositivos, de distinta forma, color y tamaño, instalados con carácter permanente sobre la calzada o fuera de la plataforma con el fin de reforzar la capacidad de guía óptica que proporcionan los elementos de señalización tradicionales (marcas viales, señales y carteles verticales de circulación) así como advertir de las corrientes de circulación posibles, capaces de ser impactados por un vehículo sin dañar significativamente a éste, y de reflejar la mayor parte de la luz incidente (generalmente, procedente de los faros de los vehículos) en la misma dirección que ésta pero en sentido contrario.

Los elementos de balizamiento son, en general, paneles direccionales, hitos de arista, hitos de vértice, balizas cilíndricas y captafaros. Estos sistemas pueden estar completados con carteles de mensaje variable con diferentes tipologías.

SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

Los sistemas de contención de vehículos son elementos incluidos dentro de la seguridad pasiva, en lo relativo a la carretera, ya que una implantación y diseño adecuados permiten minimizar los efectos de un accidente.

En cuanto a su función y ubicación, los sistemas de contención de vehículos se clasifican en:

- ✓ *Barreras de seguridad: sistemas de contención de vehículos, instalados en* los márgenes de las carreteras cuya finalidad es proporcionar un cierto nivel de contención de un vehículo fuera de control.

© ITES - Paraninfo

- ✓ Pretiles, análogos a las barreras de seguridad, pero específicamente diseñados para bordes de tableros de obras de paso, coronaciones de muros de sostenimiento y obras similares.
- ✓ Amortiguadores de impacto, son sistemas diseñados especialmente para tener una elevada capacidad de absorción de energía y suelen estar situados delante de un obstáculo rígido, con el fin de reducir la severidad de un posible choque contra el mismo.
- ✓ Lechos de frenado, situados en los márgenes de la carretera, sobre todo en pendientes prolongadas, y rellenos de un material específico, permiten decelerar y detener a vehículos incontrolados, tratando de evitar la colisión con otros vehículos o con obstáculos fijos.

Sistemas de contención para carreteras (UNE-EN 1317)

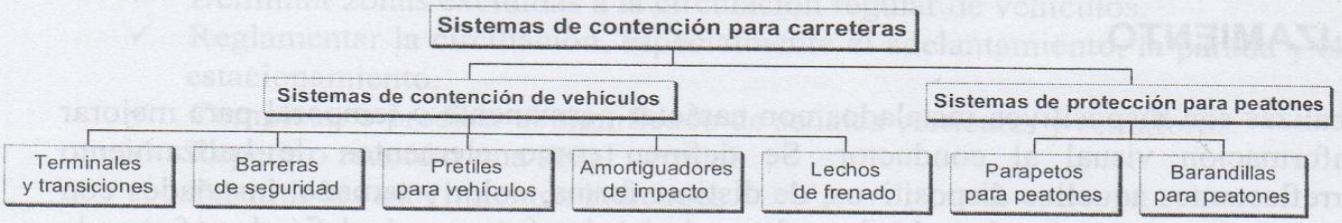


Figura 2.23 Sistemas de contención para carreteras

Los sistemas de protección para peatones se instalan para guiar y retener peatones y pueden ser:

- ❑ Parapetos para peatones: Sistemas de protección para peatones u otros usuarios de las carreteras, situado en el borde de un puente, muro de contención o estructura similar y que no está concebido para actuar como un sistema de contención de vehículos.
- ❑ Barandillas para peatones: Sistema de protección para peatones u otros usuarios de las carreteras situados en los límites de aceras o vías peatonales, con los que se pretende evitar que dichos usuarios crucen una carretera u otro tipo de zona peligrosa.

Las características de un sistema de contención vienen definidas por su nivel de contención (norma UNE-EN-1317), según se indica en la tabla 2.2.

Dentro de las barreras de seguridad (y en menor grado, de los pretiles), se pueden establecer tipos atendiendo a criterios diversos como son:

- ✓ Rígidas o deformables.
- ✓ Definitivas o provisionales.
- ✓ Simples (aptas sólo para el choque por uno de sus lados) o dobles (aptas para el choque por ambos lados).

© *ITES - Paraninfo*

Tabla 2.2 Sistemas de contención para carreteras y niveles

Nivel de contención	Energía cinética (kJ)
T1	6,2
T2	21,5
T3	36,6
N1	43,3
N2	81,9
H1	126,6
H2	287,5
H3	462,1
H4a	572,0
H4b	724,6

Las barreras de seguridad empleadas, se clasifican según el material de que están formadas en:

- ✓ Metálicas, formadas por una serie continua de elementos longitudinales (vallas), unos soportes (postes) que los mantienen a cierta altura y unos elementos intermedios (separadores) que conectan los dos anteriores.
- ✓ Hormigón, formadas por una serie continuada de piezas prismáticas de hormigón con un perfil transversal especial.
- ✓ Otros.

Dentro de los amortiguadores de impacto se pueden establecer los siguientes tipos:

- ✓ Sin capacidad de redireccionamiento (p.e. conjunto de bidones).
- ✓ Con capacidad de redireccionamiento (p.e. sistemas telescópicos).
- ✓ Sistemas móviles.
- ✓ Amortiguadores terminales para barreras de seguridad.

Dentro de los lechos de frenado se pueden establecer los siguientes tipos:

- ✓ En cuanto a situación transversal:
  - o Adyacentes a la plataforma.
  - o Separados de ella.
- ✓ En cuanto a anchura:
  - o Con capacidad para vehículo entero.
  - o Con capacidad para medio vehículo.

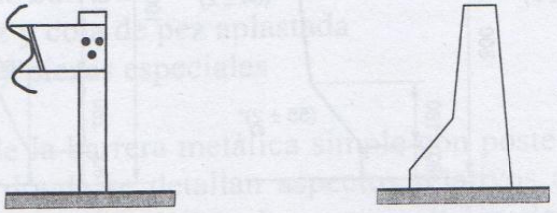


Figura 2.24 Barrera simple metálica y de hormigón

© *ITES - Paraninfo*

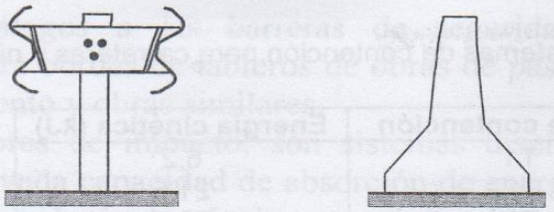


Figura 2.25 Barrera doble metálica y de hormigón

La clasificación y detalles constructivos de las barreras de hormigón vienen indicados en la norma UNE 135111, donde se define:

> Barreras de seguridad de hormigón como los sistemas de contención de vehículos, fabricados en hormigón y emplazados en la mediana o en los márgenes de carreteras y vías urbanas. Estos sistemas se disponen sensiblemente paralelos al eje de la carretera y no están diseñados para impactos frontales.

Las barreras de seguridad de hormigón se clasifican según diversos criterios:

- Método de construcción
  - Continuas: fabricadas "in situ" mediante encofrados deslizantes o fijos.
  - Prefabricadas y modulares: fabricadas con encofrados perdidos.
- Número de lados aptos para el impacto
  - Simples, aquellas que tienen una sección transversal que presenta un solo lado apto para el impacto.
  - Dobles, con una sección transversal con ambos lados aptos para el impacto.
- Capacidad de contención, en función del tipo de vehículo que es capaz de contener.

Los perfiles transversales a los que se refiere la norma UNE son el "*New Jersey*", perfil "F" y "*New Jersey* recrecido". De forma complementaria la norma UNE 135-112 recoge los materiales básicos y el control de ejecución de las barreras de hormigón.

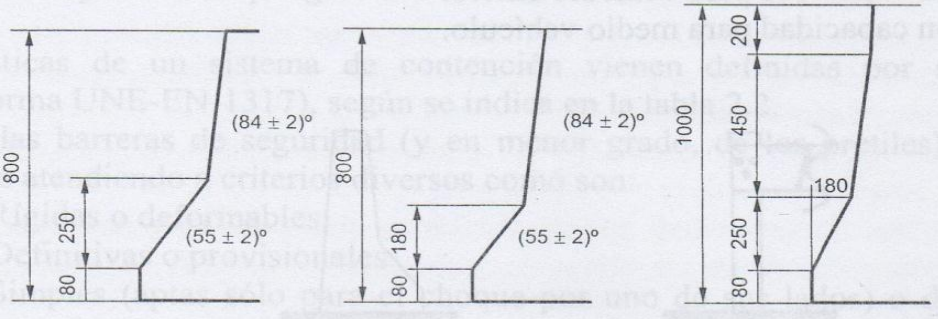


Figura 2.26 Barreras de hormigón de perfil *New Jersey*, F y *New Jersey* recrecido

© *ITES - Paraninfo*

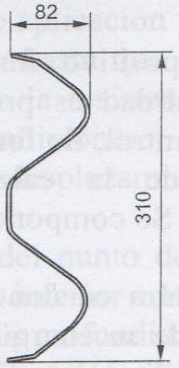


Figura 2.27 Valla metálica de doble onda

Por su parte la norma UNE 135121 trata sobre las barreras metálicas de seguridad para contención de vehículos y en particular sobre la valla de perfil de doble onda, sus materiales, geometría, dimensiones y ensayos. Esta norma entiende por valla de perfil de doble onda el elemento metálico de una pieza, destinado por enlace y continuidad de varias unidades, a impedir la colisión de vehículos con algo más peligroso que la propia barrera. Esta valla se instala con una serie de elementos de soporte, unión, anclaje y terminales. Se completa con la norma UNE 135122 que trata sobre los elementos accesorios de las barreras metálicas. Se entiende por elementos accesorios todos aquellos que sean necesarios para la instalación de las barreras, así como para asegurar su correcto funcionamiento. La mencionada norma indica las dimensiones y tolerancias de los siguientes elementos:

- Separadores
  - Separador para barrera simple
  - Separador para barrera doble o simétrico
  - Separador simple para barrera desmontable
  - Separador simétrico para barrera desmontable
  - Separador en transición a barrera de hormigón o corto
- Postes
  - Poste en C, con secciones C-100 y C-120, cuyas dimensiones y tolerancias serán conformes con la norma UNE 36570
  - Poste en UPN, en perfil laminado UPN 120, conforme con la norma UNE 36522
- Elementos finales de barrera
  - Cola de pez y cola de pez aplastada
  - Tope final y piezas especiales

Los elementos accesorios de la barrera metálica simple con poste tubular están recogidos en la norma UNE135123, donde se detallan aspectos relativos a materiales, geometría, dimensiones y ensayos. Los procedimientos de montaje de los elementos constituyentes y accesorios y las condiciones de manipulación y almacenamiento de las barreras de

© ITES - Paraninfo

seguridad de doble onda para contención de vehículos vienen recogidas en la norma UNE 135124. En la mencionada norma se define:

- Barrera metálica de seguridad: Dispositivo instalado en los márgenes y/o medianas de una carretera cuya finalidad es proporcionar un cierto nivel de contención a un vehículo fuerza de control, de forma que se eviten choques con otros obstáculos situados fuerza de la calzada, caídas por pendientes pronunciadas o invasión de otras vías. Se compone de tres elementos principales: valla, poste y separador.
- Valla: Elemento de la barrera que entra en contacto con el vehículo, absorbe mediante deformación plástica parte de su energía cinética, y lo reconduce a la circulación de una manera suave. Se utiliza el perfil de doble onda.
- Poste: Elemento de soporte e inserción en el terreno. Se utilizan perfiles metálicos en C y UPN. En general la longitud del poste será de 2 metros. Para terrenos suficientemente resistentes ser utilizarán las medidas indicadas en la norma UNE 135122, siempre y cuando la resistencia sea adecuada.
- Separador: Elemento de unión entre el poste y la valla. Su misión es impedir que los vehículos alcancen al primero, manteniendo además constante, durante el impacto, la altura de la valla.
- Elementos de fijación: Elementos destinados a garantizar la conexión entre los componentes principales de la barrera.
- Pieza de recrecido: Elemento que permite aumentar la altura de la barrera metálica en los casos en que sea necesario (por ejemplo en refuerzos de firme).
- Elementos desmontables: Elementos de barrera diseñados para facilitar el rápido desmontaje del sistema. Se suelen emplear en casos de mediana.

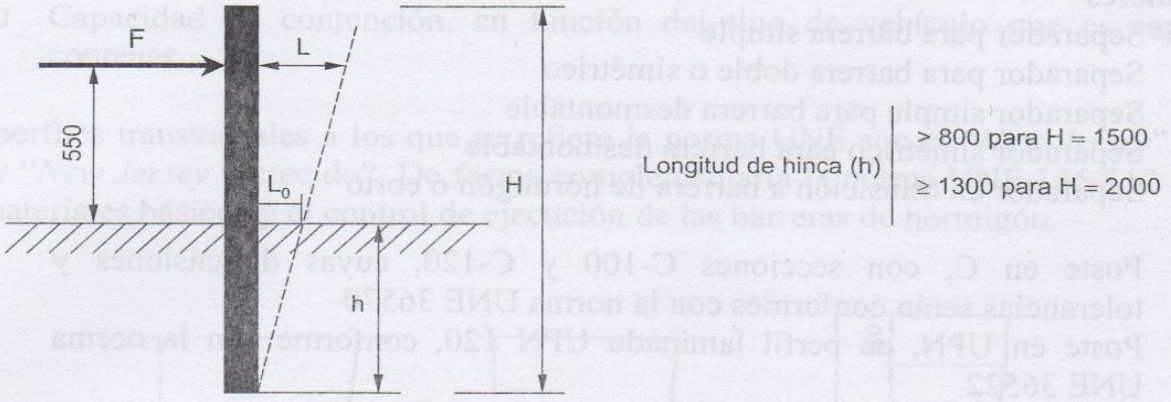


Figura 2.28 Ensayo de resistencia del terreno

La resistencia del terreno se determinara mediante ensayos "in situ". Para el ensayo se aplica, sobre un poste hincado (figura 2.28) aislado una fuerza paralela al terreno, normal a la dirección de la circulación adyacente, dirigida hacia el exterior de la carretera, y cuyo punto de aplicación esté a 55 cm por encima del nivel del terreno, y se mide el

© *ITES - Paraninfo*

desplazamiento de dicho punto de aplicación y de la sección del poste a nivel del terreno. Esta fuerza se irá incrementando hasta que el desplazamiento del punto de aplicación alcance 45 cm. Se considera que la resistencia del terreno es adecuada si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

- La fuerza que produce un desplazamiento de su punto de aplicación igual a 25 cm es superior a 8 kN.
- Para un desplazamiento del punto de aplicación de la fuerza de 45 cm, el del poste a nivel de terreno es inferior a 15 cm.
- Al hincar el poste hasta la profundidad indicada, con una máquina adecuada, la deformación máxima de la sección en una longitud de poste igual a 20 cm desde su extremo superior, debe ser menor de 4 mm.

La documentación, en la fase de recepción del material, del suministro debe incluir, al menos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora
- Fechas de fabricación y suministro
- Identificación de la fábrica que ha producido el material
- Identificación del vehículo que lo transporta
- Cantidad que se suministra y designación de la marca comercial
- Certificado de conformidad con las normas UNE 135121 y 135122, y/o marca, sello o distintivo de calidad que garanticen la conformidad del suministro con dichas normas.

Los terminales y transiciones, incluyendo sus clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo están tratados en la norma UNE-ENV-1731-4. Se define terminal como el extremo inicial y final de una barrera de seguridad. La transición es la conexión entre dos barreras de seguridad de diferente sección transversal o diferente rigidez lateral, que permite que la variación de la capacidad de contención sea continua.

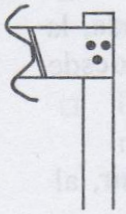
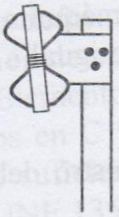
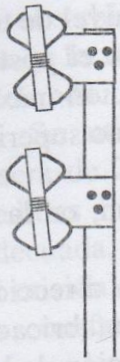
Según la Orden Circular 321/95 "*Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos*" las barreras de seguridad metálicas se designarán con arreglo a un código constituido según se indica a continuación:

- Un conjunto de tres letras: BMS (barrera metálica simple) o BMD (barrera metálica doble).
- Una letra: N para barrera con separador, R (reducida) para aquella que no lleve separadores, y D si fuera desmontable.
- Una letra que exprese el número y disposición de las vallas: A para una sola valla, B para dos yuxtapuestas, C para dos superpuestas, y D para cuatro, superpuestas y yuxtapuestas dos a dos.
- Un conjunto de dos cifras separadas por una barra. La primera corresponderá a la separación entre postes (m), la segunda, a la máxima dimensión transversal del poste (mm).

© ITES - Paraninfo

- Una letra minúscula, que indique el orden de inscripción en el Catálogo dentro de las barreras con denominación coincidente.

Tabla 2.3 Número y disposición de las vallas

A	B	C	D
			
Valla simple	Dos vallas yuxtapuestas o valla doble	Dos vallas superpuestas o dos vallas simples	Dos vallas yuxtapuestas y superpuestas o dos vallas dobles

Ejemplo: **BMSND *a*/*b***
Barrera metálica simple, con separador y vallas dobles superpuestas, con una separación entre postes de *a* metros y una dimensión transversal máxima del poste de *b* milímetros.

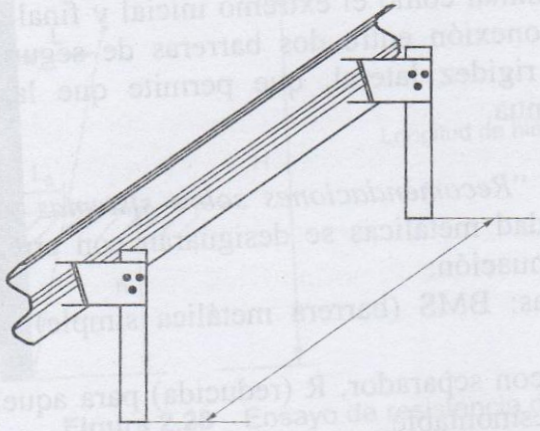


Figura 2.29 Separación entre postes

Las barreras de seguridad de hormigón se designarán con arreglo a un código constituido según se indica a continuación:

© *ITES - Paraninfo*

- Un conjunto de tres letras: BHS (barrera de hormigón simple) o BHD (barrera de hormigón doble).
- Una letra que se refiera al método constructivo: E para barrera hormigonada "in situ" con encofrado fijo o deslizante, P para prefabricada, y X para hormigonada con molde ("in situ" o prefabricado).
- Una letra que exprese el tipo de perfil: J para "New Jersey", F para perfil "F", y T para perfil "Tric-Bloc".
- Un conjunto de dos cifras separadas por una barra. La primera corresponderá a la longitud del elemento (prefabricado o de molde), expresada en metros, y será 0 para barreras hormigonadas "in situ" (con longitud mayor que 9 metros). La segunda será 0 para barrera no anclada, o 1 para barrera anclada.
- Una letra minúscula, que exprese el orden de inscripción en el Catálogo dentro de las barreras con denominación coincidente.

Los pretiles metálicos se designarán con arreglo a un código constituido según se indica a continuación:

- Un conjunto de dos letras: PM (pretil metálico).
- Una letra que exprese el número y disposición de las vallas: A para una sola, B para dos yuxtapuestas, C para dos superpuestas, y D para cuatro, superpuestas y yuxtapuestas dos a dos.
- Un conjunto de dos cifras separadas por una barra. La primera corresponderá a la separación entre postes (m) y la segunda a la altura útil del pretil (dm).
- Una letra minúscula, que exprese el orden de inscripción en el Catálogo dentro de los pretiles con denominación coincidente.

Los pretiles de hormigón se designarán con arreglo a un código constituido según se indica a continuación:

- Un conjunto de dos letras: PH (pretil de hormigón).
- Una letra: E para los pretiles hormigonados "in situ"; P para los prefabricados.
- Una letra que exprese el tipo de perfil: J para "New Jersey" y F para perfil "F".
- Un conjunto de tres cifras, separadas por una barra las dos primeras y por un guión la segunda y la tercera. La primera expresará la longitud del elemento (m). La segunda será 1 para pretil anclado al tablero, 0 para no anclado. La tercera indicará la altura útil del pretil (dm).
- Una letra minúscula, que exprese el orden de inscripción en el Catálogo dentro de los pretiles con denominación coincidente.

Los pretiles mixtos se designarán con arreglo a un código constituido según se indica a continuación:

- Un conjunto de dos letras: PX (pretil mixto).
- Un conjunto de tres cifras, separadas por una barra las dos primeras y por un guión la segunda y la tercera. La primera expresará la longitud del elemento (m).

© ITES - Paraninfo

La segunda será 1 para pretil anclado al tablero, 0 para no anclado. La tercera indicará la altura útil del pretil (dm).

- Una letra minúscula, que exprese el orden de inscripción en el Catálogo dentro de los pretiles con denominación coincidente.

Los amortiguadores de impacto se designarán con arreglo a un código constituido según se indica a continuación:

- Un conjunto de dos letras:
  - AR para los amortiguadores con capacidad de redireccionamiento.
  - AB para los amortiguadores sin capacidad de redireccionamiento.
  - AM para los sistemas móviles.
  - AT para amortiguadores terminales de barreras de seguridad o pretiles.
- Una letra minúscula, que exprese el orden de inscripción en el Catálogo dentro de los amortiguadores con la misma denominación.

Los lechos de frenado se designarán con arreglo a un código constituido según se indica a continuación:

- La letra F.
- Un conjunto de dos cifras separadas por una barra. La primera será 1, si el lecho de frenado es adyacente a la plataforma, y 2 si se separa de ella. La segunda será 1, si la anchura del lecho es completa y permite acoger al vehículo entero, y 2 si es reducida y sólo acoge.

La toma de datos, en lo relativo a los sistemas de contención, deberá incluir:

- ✓ Tipo de sistema de contención
- ✓ Longitudes
- ✓ Alturas
- ✓ Anclajes
- ✓ Remates
- ✓ Distancia a obstáculos
- ✓ Transiciones entre distintos tipos
- ✓ Datos relativos a la homologación
- ✓ Nivel de contención
- ✓ Fabricante
- ✓ Fecha de fabricación
- ✓ Fecha de instalación
- ✓ Material
- ✓ Relación con el trazado de la vía, con indicación inequívoca en los planos confeccionados.

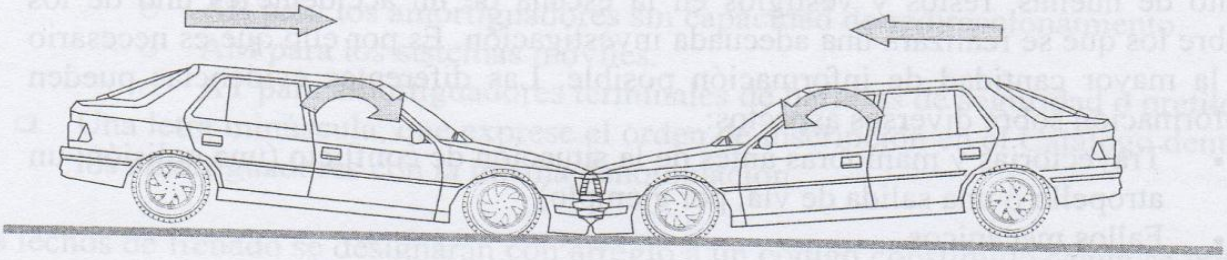
La investigación del accidente deberá analizar la posible influencia de los sistemas de contención en el desarrollo espacio-temporal del mismo, así como la adecuación del

© ITES - Paraninfo

2.3.1 RESTOS

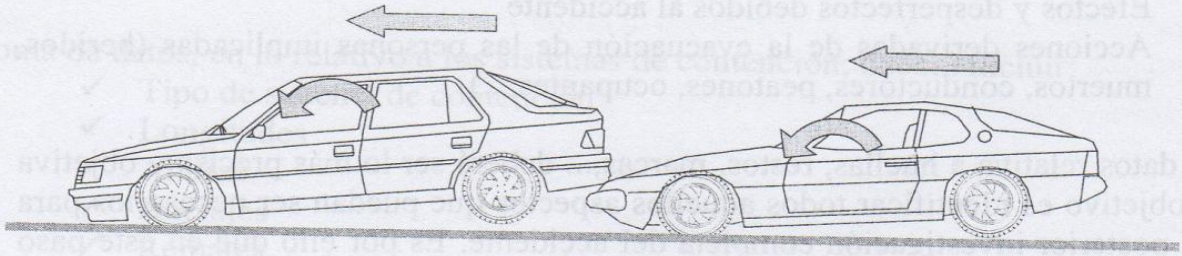
Los diferentes restos que pueden aparecer en la escena de un accidente habitualmente se distinguen dos grandes grupos: los procedentes de los vehículos implicados y otros restos.

Una adecuada toma de datos exige el registro de **TODOS** los restos presentes en la escena del accidente, pues aunque no se estimen como trascendentes en un estadio inicial de la investigación, pueden ser importantes posteriormente.



Restos de vehículos, daños e indicios en el pavimento,...

Figura 2.30 Colisión frontal de dos vehículos. Restos e indicios en la escena



Restos de vehículos, daños e indicios en el pavimento,...

Figura 2.31 Colisión trasera de dos vehículos. Restos e indicios en la escena

Como se ha comentado anteriormente, el registro de los datos deberá ser lo más exhaustivo y preciso posible, aportando únicamente datos objetivos y no apreciaciones personales o subjetividades. En caso de entender como realmente importante el reflejo de opiniones u otros aspectos habrá que diferenciarlos claramente de las evidencias objetivas. De ahí que en el primer capítulo se haya comentado la necesidad de separar claramente esta parte de la toma de datos de la toma de declaraciones a testigos, partes implicadas y cualquier otra actuación que implique un cierto grado de subjetivismo. En el

© *ITES - Paraninfo*

diseño, implantación y funcionamiento. Para ello, en la fase de la toma de datos puede ser interesante conocer la normativa, aplicable a estos sistemas, existente en la actualidad.

2.3 HUELLAS Y VESTIGIOS

El conjunto de huellas, restos y vestigios en la escena de un accidente es uno de los pilares sobre los que se realizará una adecuada investigación. Es por ello que es necesario recopilar la mayor cantidad de información posible. Las diferentes evidencias pueden aportar información sobre diversos aspectos:

- Trayectorias y maniobras antes de la situación de conflicto (una colisión, un atropello o una salida de vía, por ejemplo)
- Fallos mecánicos
- Defectos o averías
- Condiciones de operación y mantenimiento de alguno de los vehículos
- Posiciones de cada elemento interviniente en el accidente durante el contacto
- Trayectorias en la fase de post-conflicto
- Posiciones finales
- Efectos y desperfectos debidos al accidente
- Acciones derivadas de la evacuación de las personas implicadas (heridos, muertos, conductores, peatones, ocupantes,...)

La toma de datos relativa a huellas, restos, marcas,... deberá ser lo más precisa y objetiva posible. El objetivo es identificar todos aquellos aspectos que puedan ser necesarios para realizar una posterior investigación completa del accidente. Es por ello que en este paso de la toma de datos puede ser necesario un trabajo en diversas vertientes:

- Registro de las huellas y evidencias objetivas en planos generales y de detalle de la escena del accidente.
- Descripción literal de los aspectos principales y significativos.
- Realización de informes gráficos con fotografías y/o vídeos, u otros soportes de información.
- Análisis de campo o de laboratorio de cuantos aspectos se estimen oportunos.

En este apartado, los diversos tipos de huellas, vestigios y restos que pueden aparecer son, en general:

- Huellas de neumáticos (se tratará en el capítulo 4)
- Restos de los vehículos y otros restos
- Daños, marcas y desperfectos de la vía y entorno
- Daños personales

© ITES - Paraninfo

mismo sentido habrá de entenderse la conveniencia de que la toma de los datos a los que ahora se hace referencia, sea hecha por persona distinta a la que se ocupa de las declaraciones. En todo caso, ha de insistirse en la ineludible necesidad de separar claramente lo que es información objetiva de lo que supone incorporación de análisis y consideraciones personales.

Está claro que los restos indican la zona en la que se ha producido el accidente y pueden proporcionar una información de gran valor para una investigación espacio-temporal del accidente. Aunque está claro que tras un accidente los restos no suelen estar concentrados y, por tanto, no se puede hablar de "punto de colisión o conflicto", sí pueden identificar, por ejemplo, una zona o área donde se ha producido un impacto entre dos vehículos.

Dentro de los posibles restos procedentes de un vehículo podemos distinguir:

- Carrocería, chasis, pinturas, plásticos, cristales,...
- Neumáticos
- Residuos de los bajos del vehículo (tierra, óxidos, pintura, alquitrán,...)
- Fluidos del vehículo
  - Líquido refrigerante
  - Aceite
  - Grasas
  - Combustibles
  - Otros
- Carga (sólidos, líquidos)

Estos aspectos deberán ser recogidos y expresada su compatibilidad con el resto de factores integrantes de la escena. Por ejemplo, un líquido que ha dejado una marca fluyendo según la inclinación de la carretera indica, por ejemplo, el efecto de la aceleración de la gravedad, mientras que si las marcas son identificadas con sentido contrario se deberán a aceleraciones ocasionadas por fuerzas generadas en una colisión.

Hay registros que deben ser realizados con la mayor celeridad posible, y son todos aquellos a vestigios fácilmente vulnerables como los líquidos altamente volátiles como la gasolina.

Es importante reseñar todas las marcas que han quedado en la calzada, intentando aportar indicios objetivos sobre su influencia en el accidente:

- Previas al accidente o de accidentes anteriores
- Producidas por el accidente
- Realizadas con posterioridad al accidente, como es el caso de las acciones para retirar los vehículos implicados, en la evacuación de las personas implicadas o dejadas por otros vehículos ante la presencia del accidente, siendo, para este último caso huellas generalmente de frenado.

En cualquier caso, toda apreciación o aclaración deberá ser adecuadamente justificada. Por ejemplo, si se intuye que una marca ha sido dejada por una parte determinada del

© ITES - Paraninfo

vehículo, es importante aportar documentación suficiente para justificar la compatibilidad entre el agente productor y el efecto producido, es decir, la evidencia objetiva registrada. Se tratará de huir de opiniones no suficientemente fundamentadas, y que por tanto no deben ser consideradas como fundamentales en una investigación posterior.

Habitualmente hay prestar una gran atención a los residuos de los bajos del vehículo, ya que, en función del tipo de accidente, pueden indicar la zona en que han aparecido impactos o deceleraciones importantes de los vehículos. Esto puede mostrar indicios, por ejemplo, sobre la posición de dos vehículos cuando se produce una colisión. Los golpes, impactos o sacudidas fuertes hacen que se desprendan los materiales adheridos en los bajos, pasos de rueda, faldillas antiproyección,... tales como tierra u óxidos. Además, pueden existir otros restos presentes en el lugar del accidente, como son:

- Sangre u otros restos orgánicos que permitan por ejemplo identificar la posición de las personas implicadas dentro del vehículo, posiciones finales y trayectorias de personas eyectadas de los vehículos, personas atropelladas,...
- Ropas y efectos personales, tanto de ocupantes de vehículos, como de peatones u otras personas implicadas.

En estos casos, y sobre todo en la recogida de muestras orgánicas hay que actuar con los procedimientos y protocolos establecidos para no alterar los posibles resultados de los análisis a realizar.

2.3.2 DAÑOS, MARCAS Y DESPERFECTOS DE LA VÍA

Dentro de este apartado, en la fase de la toma de datos hay que tener en cuenta diversos aspectos como son:

- ✓ Afección del pavimento: Arañazos, rozaduras, estrías y surcos, trozos del pavimento.
- ✓ Afección de instalaciones y anejos (roturas, rozaduras,...):
  - Vallas
  - Postes
  - Barreras
  - Árboles, arbustos y demás elementos vegetales
  - Edificaciones
  - Vehículos estacionados
  - Mobiliario urbano
  - Terraplenes
  - Cunetas
  - Otros elementos de protección o señalización

Debido a la problemas asociados a las definiciones literales de los restos y huellas, suele ser más interesante aportar aspectos objetivos como profundidad, anchura, forma,... que

© ITES - Paraninfo

perderse en "disquisiciones filosóficas" sobre las diferencias entre una rozadura, un arañazo o una estría, por ejemplo.

2.4 CONCEPTOS DE TRÁFICO

En el complejo fenómeno del trafico destacan tres características, no independientes que lo definen técnicamente y que se pueden interpretar de forma matemática.

- La intensidad de tráfico, o número de vehículos que pasan por una determinada sección de calle o carretera en una unidad de tiempo.
- La composición o clases de vehículos que forman la corriente de tráfico.
- La velocidad, bien sea del conjunto de la corriente de tráfico o bien de los vehículos aislados.

Otras características, también interesantes para definir el tráfico, son la separación entre vehículos, medida en unidades de longitud, el intervalo, en unidades de tiempo y la densidad, en vehículos por unidad de longitud.

La intensidad de tráfico es distinta en cada momento, siguiendo en general determinados ciclos. Desde el punto de vista del estudio de un accidente de tráfico interesa evaluar el número de vehículos por unidad de tiempo (minuto, segundo,...) que pasaban por la escena cuando ocurrió el mismo.

La corriente de tráfico está compuesta por vehículos de tipos muy distintos, que difieren entre sí en cuanto a dimensiones, peso y velocidad. En la mayor parte de los estudios de tráfico que se realizan en España se distinguen siete clases de vehículos motorizados. Los carros y ciclos se consideran sólo en casos especiales. Algunas veces es conveniente distinguir mayor número de clases. Lo más habitual es que baste una clasificación más simple, distinguiendo solamente tres tipos: motocicletas, vehículos ligeros y vehículos pesados.

La disposición longitudinal de los vehículos dentro de un carril viene definida por dos magnitudes: separación e intervalo.

La distancia media, en metros, entre las respectivas partes delanteras de dos vehículos sucesivos se denomina separación (L), que corresponde al valor $L = L_v + S_d$ (figura 2.32) y el tiempo transcurrido entre el paso de dos vehículos sucesivos por una determinada sección, intervalo (τ), en segundos, estando la velocidad expresada en m/s. Ambas magnitudes se relacionan entre sí por la fórmula:

$$\tau = \frac{L}{V}$$

La densidad, medida en vehículos por kilómetro, se evalúa con la expresión:

© ITES - Paraninfo

$$d = \frac{1000}{L}$$

La intensidad en vehículos por hora se determina con la fórmula:

$$i = \frac{3600}{\tau}$$

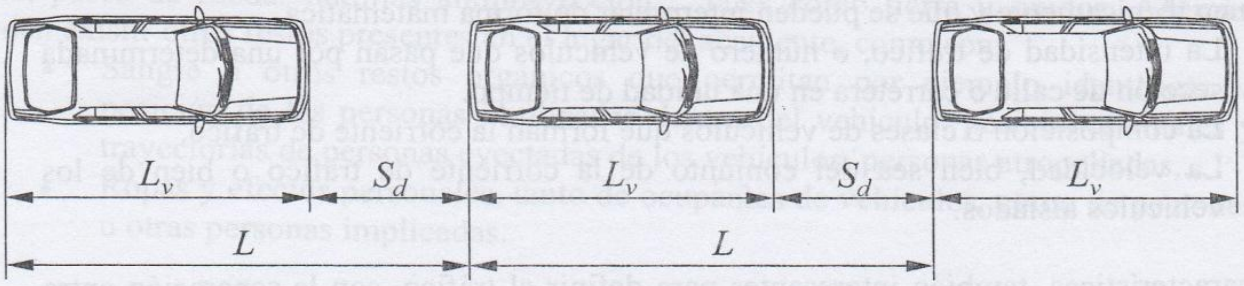


Figura 2.32 Separación entre vehículos

Para un completo conocimiento de la escena del accidente, en lo relativo al flujo de tráfico, es conveniente analizar dos parámetros: la propia capacidad en sí y el nivel de servicio. Ambos están íntimamente relacionados y se complementan:

- La **capacidad** de un tramo o vía se define como el número de vehículos que pueden circular por ese tramo o vía durante una unidad de tiempo (una hora, por ejemplo). Esta es una medida cuantitativa, esto es, no refleja la calidad del flujo del tráfico, simplemente indica la cantidad.
- El **nivel de servicio**, también de un tramo o vía, es una medida cualitativa, esto es, da una indicación sobre la calidad del flujo de tráfico en ese tramo o vía. Esas calidades están catalogadas en seis grupos, cada uno de los cuales se identifica con una letra de la A a la F.

De esta forma se obtiene la capacidad en sí y nivel de servicio, o lo que es lo mismo, cantidad de vehículos y calidad del flujo de tráfico que forman esos vehículos.

2.5 SISTEMAS DE MEDICIÓN

La toma de datos de la escena del accidente requiere, por parte del personal dedicado a esta tarea, el registro de una gran cantidad de información. Esta recogida deberá estar

© ITES - Paraninfo

sistematizada para realizarla de una manera rápida y eficaz. A continuación se comentan diversos sistemas de captación, medida y registro que pueden ser empleados:

- ✓ Escáner tridimensional. Basado generalmente en tecnología láser, Permite, desde un punto de observación fijo, o varios, posicionar todos los elementos contenidos en el campo de visión del sistema. Suelen ir acoplados a sistemas informáticos, para el "volcado" de la información, que puede ser en formato matricial (tridimensional) o vectorial (en formatos compatibles tipo .dxf, .dwg, .iges,...). Existen modelos con resolución de 1μm, con lo que estos sistemas son aplicables tanto a la medición general de la escena como a su aplicación a detalles como las deformaciones de un vehículo. Hay que destacar que son sistemas excepcionalmente rápidos, precisos y con gran capacidad de registro, y además no necesitan posicionar ningún instrumento sobre las posiciones a medir. El único problema asociado es el económico, pues su precio resulta elevado.
- ✓ Estación total y GPS de alta precisión. Son sistemas muy adecuados para el levantamiento general de la escena del accidente. Con resoluciones del orden de 1 cm y mediante la unión a sistemas informáticos permiten obtener, de forma adecuada, el levantamiento de la zona objeto de estudio y de los restos y huellas existentes. Respecto al anteriormente comentado presenta algunas limitaciones, ya que no son aplicables al estudio de detalles, como son las deformaciones de los vehículos, y requieren posicionar algún elemento sobre el punto a medir. En cualquier caso, son los sistemas, por su relación coste-prestaciones, más adecuados para el registro de la escena con inversiones iniciales moderadas.
- ✓ Sistemas de medida lineal o angular sin posibilidad de restitución completa o georeferencias como clinómetros, niveles o distanciómetros (láser,...) permiten tomar, con suficiente precisión algunos datos como distancia entre puntos o ángulos (peralte, rampa, pendiente,...). Dado que no permiten una unión a sistemas informáticos para la representación adecuada de los datos obtenidos, estos elementos deberán ser tomados como complementos o medidas auxiliares a un levantamiento completo del lugar objeto de estudio.
- ✓ Restitución fotogramétrica de la escena del accidente a partir de imágenes digitalizadas y procesadas con programas informáticos adecuados. Se puede obtener, a partir de varias imágenes del accidente, desde diferentes puntos de vista, una restitución tridimensional completa de la escena, analizando de forma complementaria los vehículos (incluyendo sus deformaciones y daños) y las personas implicadas.
- ✓ Otros sistemas básicos y de baja precisión, como cintas de medición o ruedas, tan usadas en el pasado, han quedado, o así debería ser, relegadas frente a los sistemas anteriormente mencionados, ya que no permiten realizar una adecuada medida y registro del lugar del accidente. Es decir la medición está basada en métodos no sistematizables e imprecisos y el registro se basa en la habilidad como "dibujante-artista" del encargado de confeccionar los planos generales y de detalle de la escena analizada.

© ITES - Paraninfo

2.6 REGISTRO DE LA ESCENA

2.6.1 RESUMEN DE DATOS

La caracterización de la escena de un accidente incluirá el registro de los siguientes elementos:

- ✓ Identificación general
  - o Tipo de vía, con su designación oficial
  - o Administración pública titular de la vía
  - o En su caso, responsable del mantenimiento de la vía
  - o Tramo objeto de análisis, indicando principio y final con sus características esenciales (calzada, vía de giro, ramal, vía de servicio, vía colectora/distribuidora,...)
  - o Localización exacta (km, término municipal y judicial,...)
- ✓ Trazado
  - o En planta, indicando las curvaturas o radios
  - o Inclinación transversal de la calzada
  - o Inclinación de la rasante y los acuerdos verticales
  - o Indicación de la cota roja: a nivel, desmonte o relleno
  - o Calzada: única, separadas, sistemas de calzadas centrales y laterales
  - o Número de carriles por sentido y su anchura
  - o Presencia de arcenes y bermas, y su anchura
  - o Mediana, y su anchura
  - o Visibilidad disponible
- ✓ Nudos viarios
  - o Tipo de nudos
  - o Número de tramos
  - o Ordenación de la circulación en los cruces
  - o Presencia de elementos auxiliares, como carriles para cambiar de velocidad, carriles auxiliares centrales de espera, vías colectoras-distribuidoras,...
- ✓ Explanaciones, con sus características principales, como son los taludes, con indicación de inclinaciones o altura, o la presencia de otras singularidades
- ✓ Obras tales como puentes, túneles y muros
- ✓ Pavimento y firme con sus características superficiales y estructurales
- ✓ Elementos de desagüe o drenaje
- ✓ Elementos y dotaciones viarias
  - o Señalización horizontal y vertical
  - o Balizamiento
  - o Sistemas de regulación del tráfico (semáforos,...) y ciclos
  - o Sistemas de contención

© *ITES - Paraninfo*

- Alumbrado
- ✓ Accesos a la carretera e instalaciones accesorias
- ✓ Usos del suelo colindante y linderos

Además será necesario conocer otros valores identificativos del tráfico como son:

- ✓ Intensidad y su variación
- ✓ Composición
- ✓ Velocidades del tramo, diferenciando los valores de velocidad media, velocidad de recorrido, velocidad media temporal, velocidad media espacial y velocidad media de recorrido
- ✓ Densidad
- ✓ Capacidad
- ✓ Nivel de servicio

2.6.2 MEDICIONES Y PLANOS

Según lo indicado, la toma de datos en relación con la escena del accidente debe concretarse en la definición completa de todos los elementos y aspectos intervinientes. Para ello será necesario recoger todas las evidencias objetivas en forma de:

- ✓ Planos generales y de detalle tanto de la proyección en planta (planimetría), como del perfil longitudinal (altimetría) y de las secciones transversales
- ✓ Representaciones tridimensionales
- ✓ Reportaje gráfico basado en fotografía, videograbaciones,...
- ✓ Descripción escrita

La confección de los planos y modelos tridimensionales finales requiere la utilización de herramientas de trabajo de, por lo menos, la calidad y grado de precisión de una estación total o GPS unidos a aplicaciones informáticas de representación.

En este punto hay que hacer notar que tanto a nivel municipal, como autonómico o estatal, las administraciones responsables del sistema viario disponen, de forma cada vez más generalizada, de planos detallados en soporte electrónico con formatos compatibles con diversas aplicaciones informáticas (.dxf, .dwg, .iges,...). Estos planos son de gran utilidad si se dispone de ellos a la llegada a la escena del accidente, pues simplifican el trabajo inicial y permiten incrementar la efectividad de los equipos de toma de datos.

Aunque el resultado final de la toma de datos debe tener una calidad y grado de precisión adecuado, en numerosas situaciones, sobre todo en situaciones en las que existan evidencias objetivas (restos, marcas, posiciones,...) de duración muy limitada, puede ser interesante la realización de un esquema o croquis básico donde se registren esos datos de gran volatilidad. La confección de este croquis inicial requiere la utilización de algún sistema de medición de los anteriormente señalados. De forma ideal la utilización de un sistema GPS unido a un jalón, supone un sistema rápido y requiere una

© ITES - Paraninfo

sola persona para el registro de los puntos significativos. Los datos registrados pueden ser volcados a un ordenador para su almacenamiento y posterior utilización.

Otro sistema como es la estación total, requiere la intervención de dos personas, aunque los sistemas actuales permiten, mediante la utilización de un mando a distancia la presencia de un solo operador.

En caso de no disponer de los sistemas anteriormente mencionados, el croquis deberá ser realizado mediante mediciones manuales realizadas con distanciómetros, ruedas o cintas. El volcado de los datos puede ser también automático (distanciómetros) o manual (ruedas o cintas de medir) a un sistema informático portátil o a papel. Estas metodologías serán únicamente aplicables para el registro inicial y deberán completarse con registros más detallados y con procedimientos más adecuados.

En caso de realizar mediciones manuales y transferirlas a un croquis básico, es aconsejable proceder de tal manera que los datos tomados sean transferibles a los planos y representaciones finales. Esto implica la utilización de metodologías de trabajo sistematizables que permitan el replanteo en un plano detallado de los puntos singulares registrados. En lo relativo a la medición y representación de la proyección en planta de la escena de un accidente pueden emplearse varias metodologías. Las más sencillas serán aplicables únicamente a puntos, que en un dibujo bidimensional (plano) se quedan unívocamente definidos por el valor de dos parámetros. Estos parámetros son, generalmente distancias o ángulos.

SISTEMAS DE REFERENCIA Y MEDIDA

Las diferentes formas de señalar las referencias de medida configuran las metodologías a utilizar, entre las que cabe destacar:

- ✓ Triangulación a partir de dos puntos de referencia fijos
- ✓ Coordenadas cartesianas
- ✓ Coordenadas polares

Con cualquiera de las metodologías empleadas hay que definir 1, 2 o más puntos de referencia, que tendrán que ser fijos, permanentes y fácilmente identificables, como una esquina de una edificación, el final de una marca vial, el poste de una señal vertical,... En caso de que interese utilizar otros puntos, será aconsejable marcar los puntos de referencia de tal manera que sean identificables, cuando, posteriormente se realice la medición y registro detallado de la escena del accidente.

Estos métodos mencionados únicamente permiten la identificación de puntos singulares. El registro de otras entidades de representación, tales como rectas, curvas, superficies, volúmenes, serán, por tanto, función de los puntos identificativos. Además, estos sistemas de representación bidimensional no incluyen información relativa a la elevación, rampas, pendientes, peraltes, bombeo,... que será necesaria para un correcto registro de la escena del accidente.

© *ITES - Paraninfo*

En cualquier caso, cualquier croquis básico deberá incluir información esencial tal como:

- ✓ Orientación, con indicación del Norte
- ✓ Puntos de referencia
- ✓ Puntos objeto de medida
- ✓ Posicionamiento general de los cuerpos o elementos que contienen los puntos objeto del dibujo
- ✓ Restos y marcas en la calzada
- ✓ Posiciones finales de los vehículos, peatones,...
- ✓ Obstrucciones visuales
- ✓ Referencia de acotación de medidas
- ✓ Leyenda identificativa
- ✓ Fecha y hora del accidente y de la toma de los datos recogidos
- ✓ Personal interviniente en la toma de datos

Triangulación

El método de triangulación requiere determinar un mínimo de dos puntos de referencia (**O_1** y **O_2**) situados entre sí a una distancia (O_1-O_2), según se indica en la figura 2.33. Este método se basa en la medición de las distancias (D_{A1} y D_{A2}) desde los puntos de referencia (**O_1** y **O_2**) al punto que se quiere registrar, por ejemplo **A** en la figura 2.34. La toma de datos inicial recogerá los valores medidos y para ello puede ser útil su anotación en una tabla. Un ejemplo se muestra en la tabla 2.4.

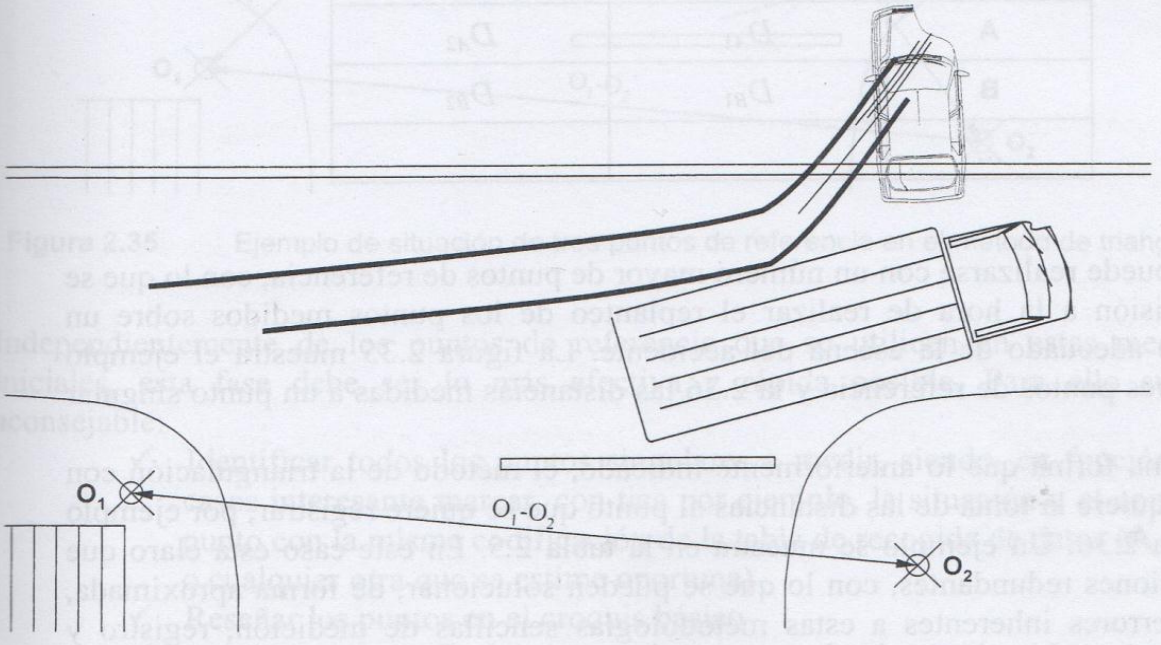


Figura 2.33 Escena del accidente y puntos de referencia para realizar una triangulación sencilla

© ITES - Paraninfo

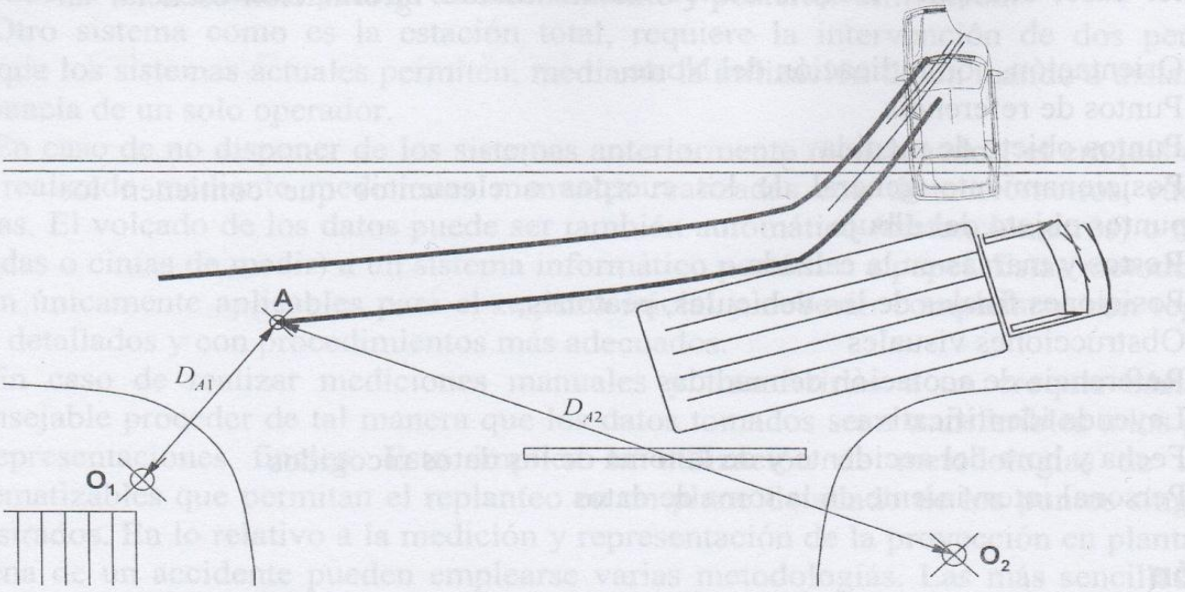


Figura 2.34 Medidas para la triangulación de un punto **A**

Tabla 2.4 Recogida de medidas por triangulación con dos puntos de referencia

	Distancia O_1-O_2:	
Punto	O_1	O_2
A	D_{A1}	D_{A2}
B	D_{B1}	D_{B2}
...		

Este método puede realizarse con un número mayor de puntos de referencia, con lo que se gana en precisión a la hora de realizar el replanteo de los puntos medidos sobre un levantamiento adecuado de la escena del accidente. La figura 2.35 muestra el ejemplo anterior con tres puntos de referencia y la 2.36 las distancias medidas a un punto singular **A**.

De la misma forma que lo anteriormente indicado, el método de la triangulación con tres puntos requiere la toma de las distancias al punto que se quiere registrar, por ejemplo **A** en la figura 2.36. Un ejemplo se muestra en la tabla 2.5. En este caso está claro que existen mediciones redundantes, con lo que se pueden solucionar, de forma aproximada, los posibles errores inherentes a estas metodologías sencillas de medición, registro y representación.

© *ITES - Paraninfo*

A: Punto de inicio de la huella...
B: Esquina posterior derecha del vehículo...
C: ...

- ✓ Medir las distancias entre los puntos de referencia (O_1-O_2), (O_1-O_3),...
- ✓ Medir las distancias a todos los puntos singulares (**A**, **B**, **C**,...) desde uno de los puntos de referencia, por ejemplo O_1. Es decir se cumplimentan las tablas anteriormente señaladas por columnas.
- ✓ Repetir el paso anterior desde el resto de puntos de referencia O_2, O_3...

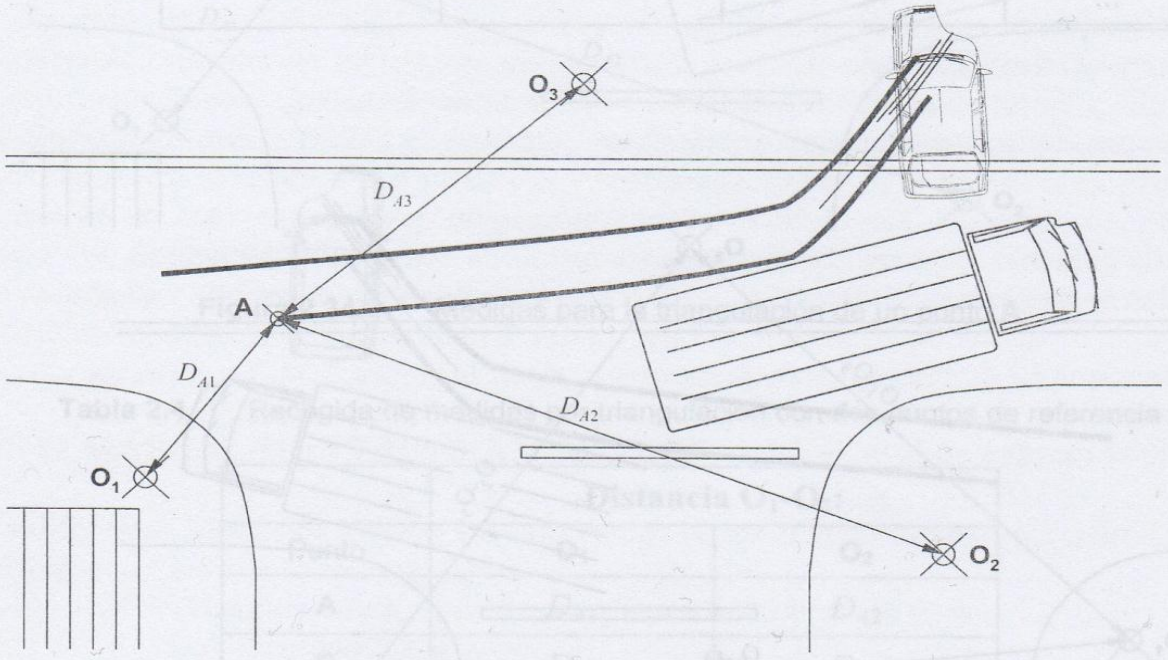


Figura 2.36 Ejemplo de medida con tres puntos de referencia en el método de triangulación

El replanteo de los puntos registrados sobre un plano se realizará a partir de los datos medidos, según se indica en las figuras 2.37 y 2.38. El primer paso será representar los puntos de referencia (figura 2.37) situados a la distancia correspondiente, tomando la escala del dibujo. Estos puntos serán la referencia del resto de la representación. A partir de ellos y las mediciones realizadas, se trazarán arcos de circunferencia con centro en cada uno de los puntos de referencia y de radios las distancias medidas. El punto de intersección determinará la posición relativa del punto singular respecto a las referencias fijas.

Lo adecuado será utilizar, para este replanteo, el plano detallado de la escena del accidente, según se indica en la figura 2.39, con la escala adecuada. Este plano, del levantamiento topográfico de la escena del accidente deberá estar realizado adecuadamente, según lo comentado anteriormente. En caso de no disponer de la base

© *ITES - Paraninfo*

detallada de trabajo, el replanteo de los puntos medidos será únicamente en posiciones relativas respecto a los puntos de referencia, según se indica en la figura 2.38. En el caso de tres de referencias, se procede de la misma forma, obteniéndose una mayor precisión al poder detectarse errores o defectos en toma de datos (figura 2.40).

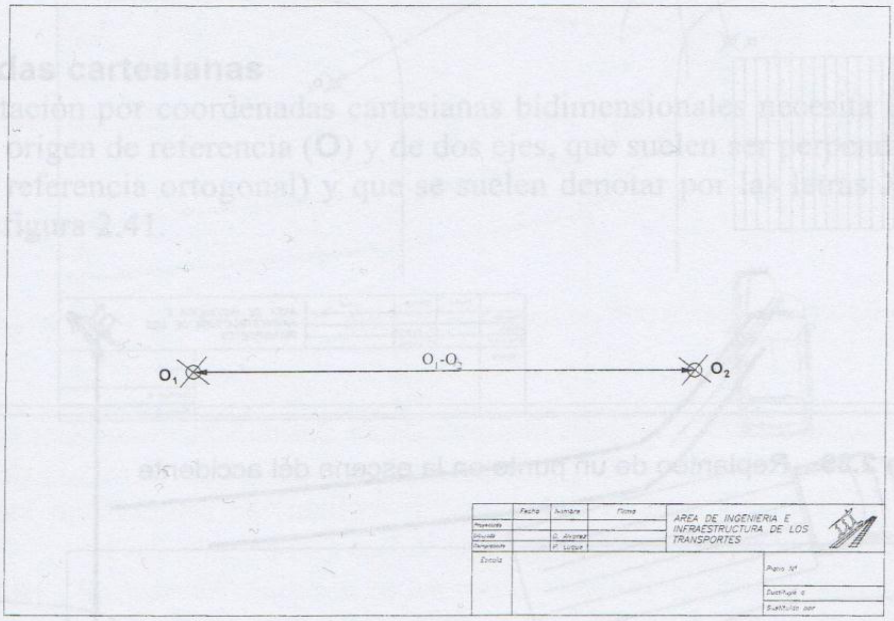


Figura 2.37 Posicionamiento de los puntos de referencia en el plano

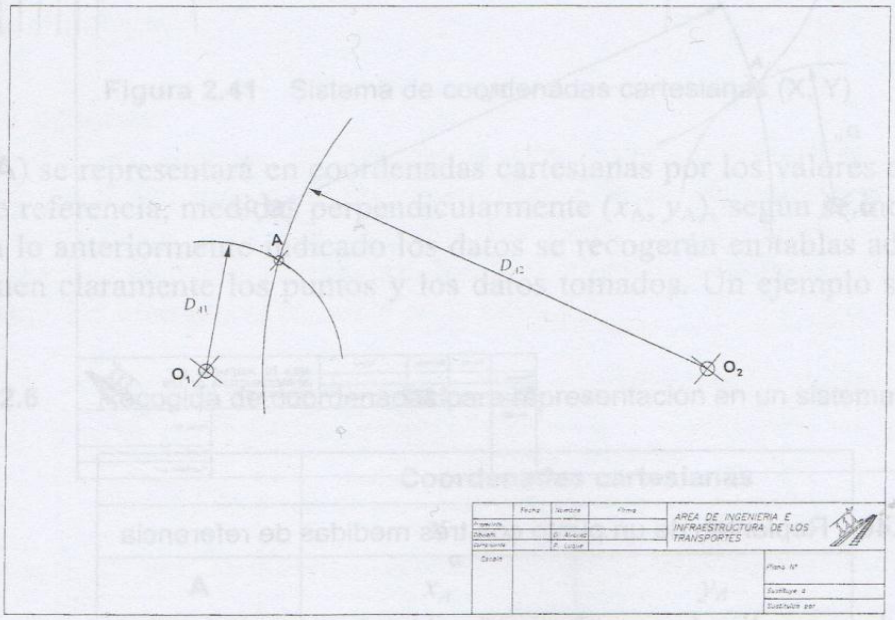


Figura 2.38 Replanteo de un punto a partir de las distancias medidas

© ITES - Paraninfo

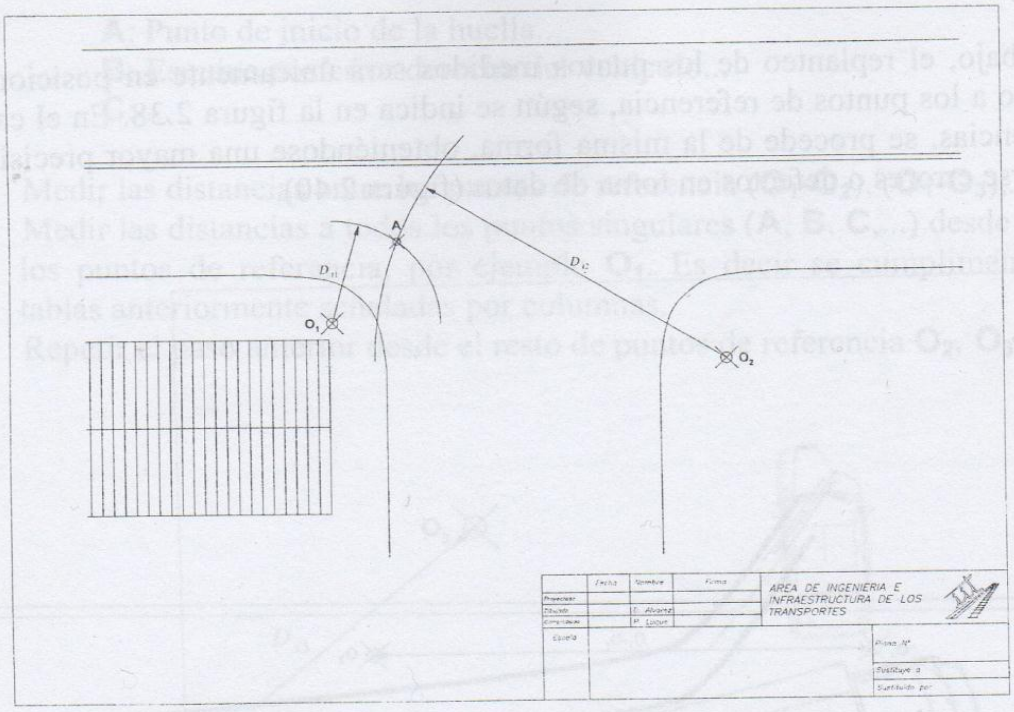


Figura 2.39 Replanteo de un punto en la escena del accidente

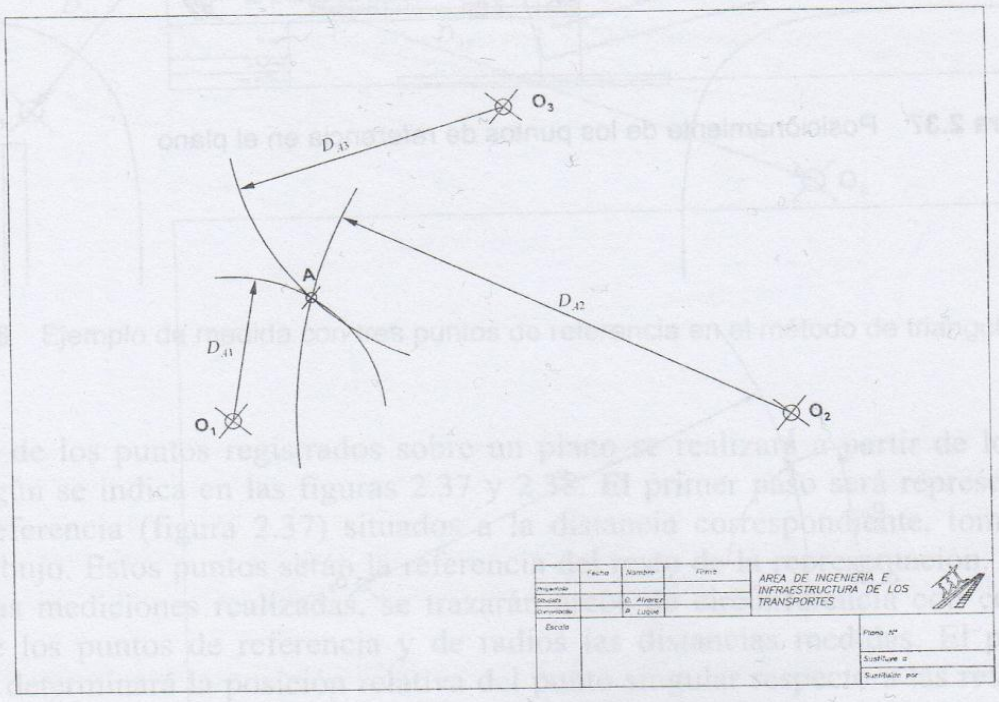


Figura 2.40 Replanteo de un punto con tres medidas de referencia

Esta metodología puede ser aplicada para la confección de croquis básico de la escena, con la mencionada finalidad de la recogida inicial de evidencias de gran "volatilidad",

© ITES - Paraninfo

pero no puede considerarse como definitiva, sino como un primer paso en el registro y representación de la escena del accidente. En caso de disponer de sistemas de medición y registro adecuados (estación total o GPS) este paso previo queda anulado, pudiendo realizarse una única medición detallada de la escena, priorizando en el protocolo de medición los puntos asociados a evidencias de registro inmediato.

Coordenadas cartesianas

La representación por coordenadas cartesianas bidimensionales necesita la identificación de un único origen de referencia (**O**) y de dos ejes, que suelen ser perpendiculares entre sí (sistema de referencia ortogonal) y que se suelen denotar por las letras X e Y, según se indica en la figura 2.41.

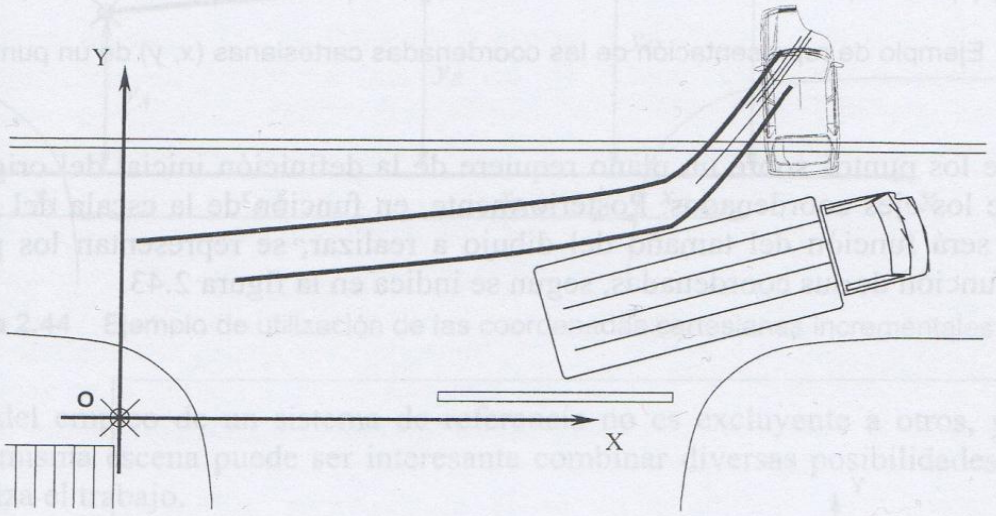


Figura 2.41 Sistema de coordenadas cartesianas (X, Y)

Un punto (**A**) se representará en coordenadas cartesianas por los valores de las distancias a los ejes de referencia, medidas perpendicularmente (x_A, y_A), según se indica en la figura 2.42. Según lo anteriormente indicado los datos se recogerán en tablas adecuadas, donde se identifiquen claramente los puntos y los datos tomados. Un ejemplo se muestra en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Recogida de coordenadas para representación en un sistema cartesiano

	Coordenadas cartesianas	
	X	**Y**
A	x_A	y_A
B	x_B	y_B
...		

© ITES - Paraninfo

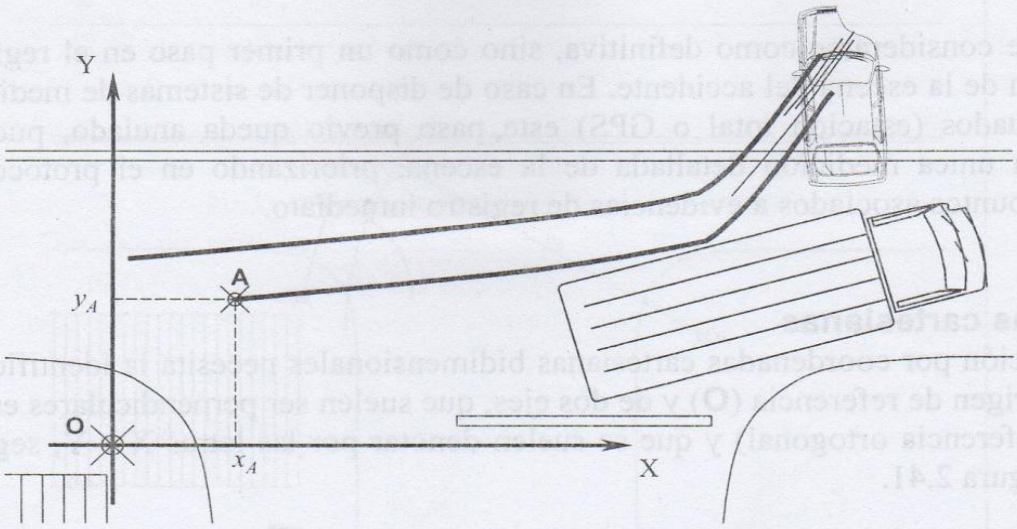


Figura 2.42 Ejemplo de representación de las coordenadas cartesianas (*x*, *y*) de un punto **A**

El replanteo de los puntos sobre un plano requiere de la definición inicial del origen de referencia y de los ejes coordenados. Posteriormente, en función de la escala del dibujo escogida, que será función del tamaño del dibujo a realizar, se representan los puntos singulares en función de sus coordenadas, según se indica en la figura 2.43.

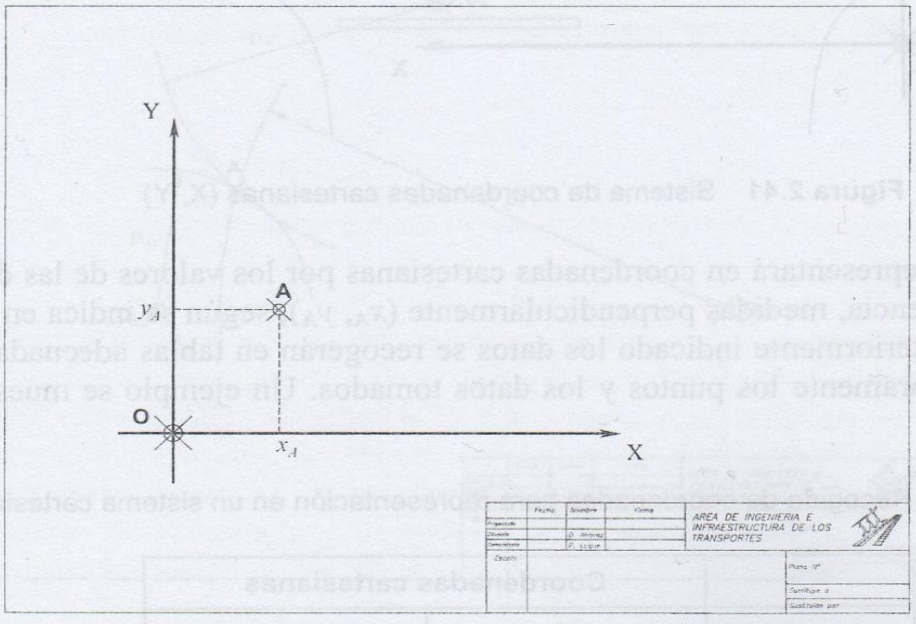


Figura 2.43 Ejemplo de representación de las coordenadas cartesianas (*x*, *y*) de un punto (**A**)

© *ITES - Paraninfo*

Las coordenadas cartesianas se pueden utilizar, por motivos de rapidez y facilidad operativa, de forma incremental o relativa, según se muestra en la figura 2.44, tomando distancias respecto al punto anterior y no respecto al origen absoluto (**O**).

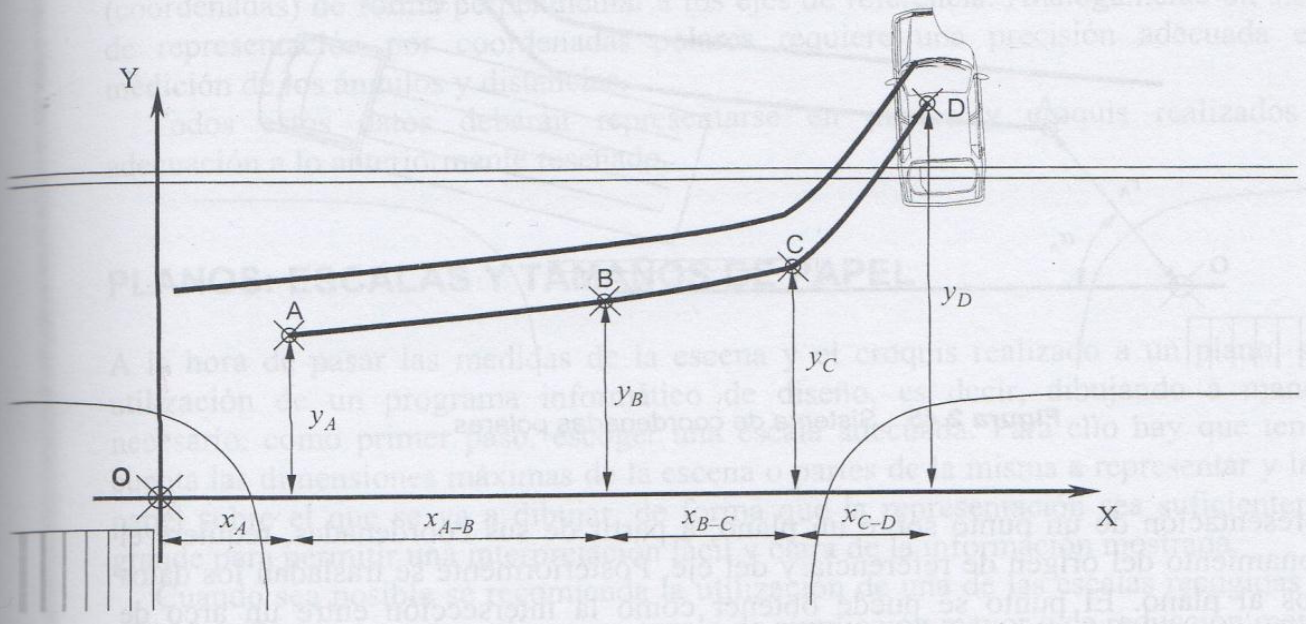


Figura 2.44 Ejemplo de utilización de las coordenadas cartesianas incrementales

La decisión del empleo de un sistema de referencia no es excluyente a otros, ya que, dentro de la misma escena puede ser interesante combinar diversas posibilidades si con ello se optimiza el trabajo.

Coordenadas polares

La utilización del un sistema de referencia por coordenadas polares necesita la identificación de un único origen de referencia (**O**) y de un eje de referencia, según se indica en la figura 2.45. Una vez tomados los datos de los puntos adecuados, es aconsejable recogerlos en tablas adecuadas, donde se identifiquen claramente los puntos y los datos tomados. Un ejemplo se muestra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Recogida de coordenadas para representación en un sistema polar

	Coordenadas polares	
Punto	r	α
A	r_A	α_A
B	r_B	α_B
...		

© ITES - Paraninfo

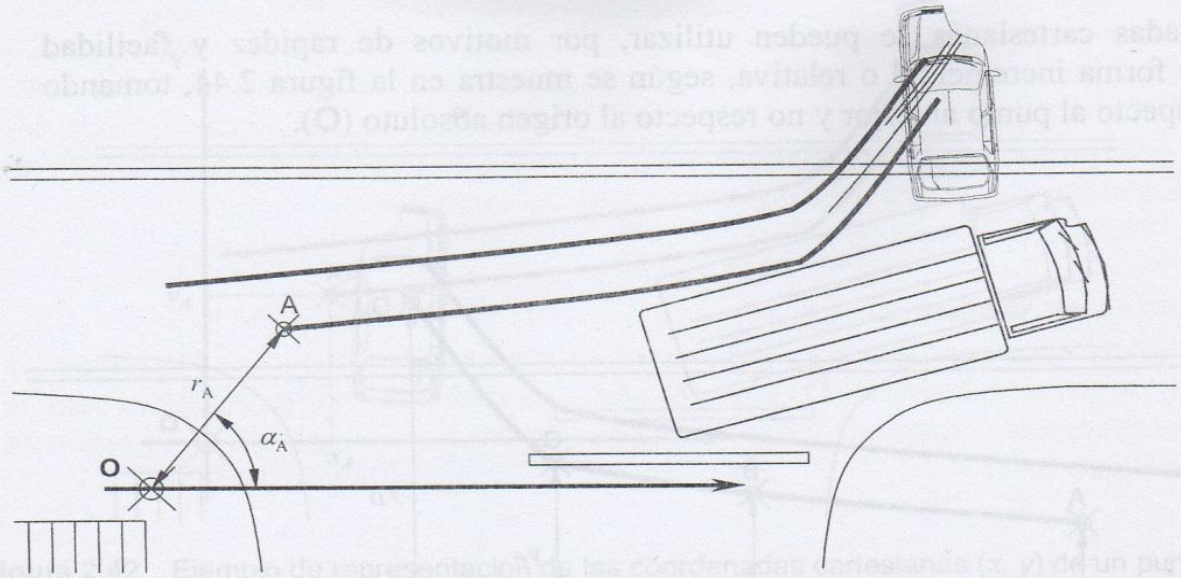


Figura 2.45 Sistema de coordenadas polares

La representación de un punto sobre un plano, a partir de sus coordenadas, requiere el posicionamiento del origen de referencia y del eje. Posteriormente se trasladan los datos medidos al plano. El punto se puede obtener como la intersección entre un arco de circunferencia de radio r_A y una recta que pasando por el origen de referencia (**O**), forma un ángulo (α_A) con el eje de referencia, como se indica en la figura 2.46.

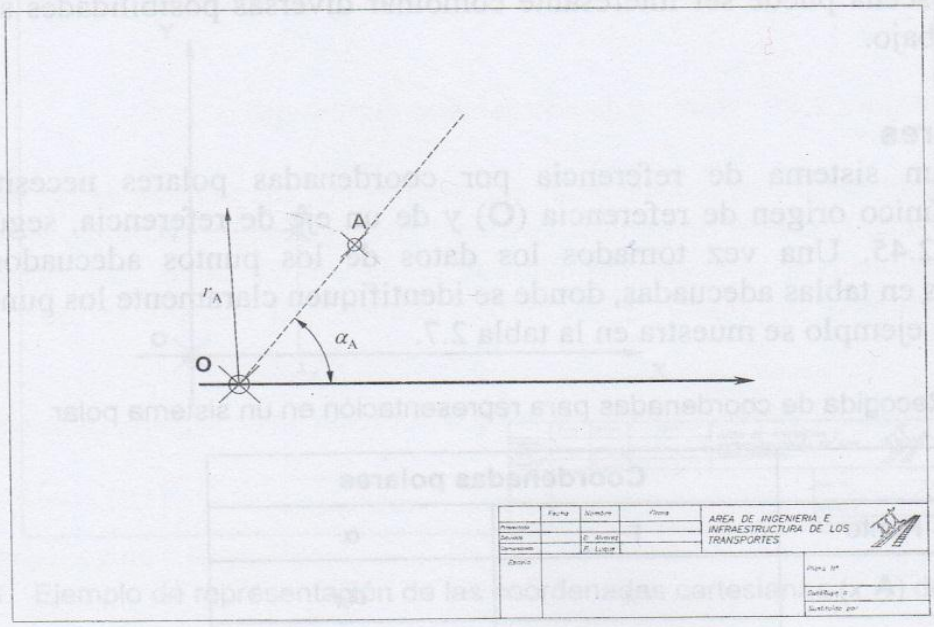


Figura 2.46 Ejemplo de representación de las coordenadas polares (r, α) de un punto (**A**)

© *ITES - Paraninfo*

De los tres sistemas anteriores cabe indicar que el más sencillo para su aplicación práctica de forma rápida en la escena de un accidente es el método de triangulación, pues no necesita la comprobación y medida de ángulos. Hay que recordar que un sistema de representación por coordenadas ortogonales cartesianas requiere mediciones de distancias (coordenadas) de forma perpendicular a los ejes de referencia. Análogamente un sistema de representación por coordenadas polares requiere una precisión adecuada en la medición de los ángulos y distancias.

Todos estos datos deberán representarse en planos y croquis realizados con adecuación a lo anteriormente reseñado.

PLANOS: ESCALAS Y TAMAÑOS DE PAPEL

A la hora de pasar las medidas de la escena y el croquis realizado a un plano, sin la utilización de un programa informático de diseño, es decir, dibujando a mano, es necesario, como primer paso, escoger una escala adecuada. Para ello hay que tener en cuenta las dimensiones máximas de la escena o partes de la misma a representar y las del papel sobre el que se va a dibujar, de forma que la representación sea suficientemente grande para permitir una interpretación fácil y clara de la información mostrada.

Cuando sea posible se recomienda la utilización de una de las escalas recogidas en la tabla 2.8. Si es necesario utilizar una escala de ampliación mayor o de reducción menor se puede aumentar la escala multiplicando por una potencia de 10 cualquiera de las escalas recogidas en la tabla 2.8. Si no se puede aplicar una de las escalas de la tabla se pueden utilizar escalas intermedias. En caso de las escalas de reducción, si no es posible utilizar las de la tabla, se recomienda utilizar una de las escalas habituales de los escalímetros (1:250, 1:300, 1:400), sobremanera si se va a utilizar este instrumento para la representación.

Tabla 2.8 Escalas recomendadas

Tipo de escala	Escalas recomendadas		
Escalas de ampliación	50:1 5:1	20:1 2:1	10:1
Tamaño natural			1:1
Escalas de reducción	1:2 1:20 1:200 1:2000	1:5 1:50 1:500 1:5000	1:10 1:100 1:1000 1:10000

En cuanto al tamaño del papel se escogerá aquel que junto con la escala elegida permita una representación suficientemente grande para permitir una interpretación fácil y clara. De todas formas, tamaños de papel excesivamente grandes son difíciles de manejar, por lo que se recomienda no superar el tamaño A3. Este tamaño suele ser bastante adecuado para la representación de la escena de un accidente, pudiendo emplearse para detalles un

© ITES - Paraninfo

tamaño A4. En la tabla 2.9 se recogen los tamaños de papel normalizados (serie principal A ISO 5457) junto con las dimensiones del área de dibujo.

Tabla 2.9 Tamaños de papel (mm)

Tamaños	Hoja		Área de dibujo	
	a	*b*	*c*	*d*
A0	841	1189	821	1159
A1	594	841	574	811
A2	420	594	400	564
A3	297	420	277	390
A4	210	297	180	277

Formatos de A0 a A3

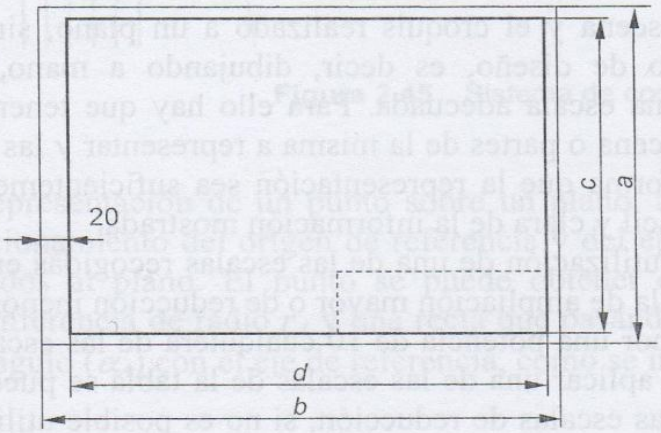


Figura 2.47 Dimensiones principales de los formatos de la serie A (A0 a A3)

Formato A4

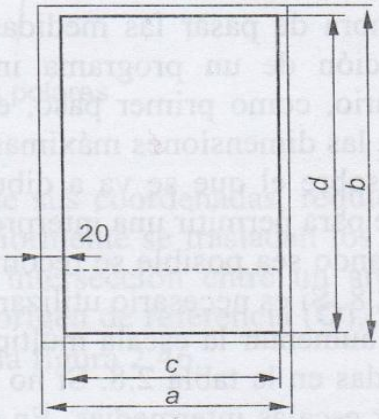


Figura 2.48 Dimensiones del formato A4

En la esquina inferior derecha se dibujará un cajetín que permita, como mínimo, identificar el plano, la escala, el significado de la representación, el o los autores y la fecha. El tamaño básico del cajetín para planos en A4 y A3 será de 180 x 52,5 mm. En un plano A3 el plegado debe realizase de forma que sea visible el cajetín y el margen izquierdo del papel.

Por tanto, el procedimiento para pasar el croquis y las medidas realizadas en la escena a un plano, dibujando a mano, se puede resumir en:

1. Determinación de la escala. Si, por ejemplo, se va a realizar en una hoja de tamaño A3 se sabe que su área de dibujo es 390 x 277 mm (*d* x *c*), menos el espacio ocupado por el cajetín en la esquina inferior. El cálculo de la escala se calcula dividiendo la dimensión máxima de la escena en largo y ancho entre el largo y ancho del área de dibujo. Para el A3:

   e_1 = (largo máximo escena en mm)/390

   e_2 = (ancho máximo de la escena en mm)/277

© *ITES - Paraninfo*

Se escoge el valor máximo de e_1 y e_2, buscando la escala normalizada que más se aproxime, por encima, a ese valor. Por ejemplo, si sale 387 se escogería una escala de 1:500. Una vez escogida esta escala se comprueba si el dibujo de la escena encaja dentro del área de dibujo (comprobando la interferencia con el cajetín) y si la representación es lo suficientemente grande para su correcta interpretación. En caso de que se compruebe que no es adecuada, se aumentaría o reduciría la escala, según proceda, contemplando la posibilidad de escalas no normalizadas. Para la comprobación se debe disponer de una hoja con el marco y el cajetín dibujado.

2. Elaboración del dibujo. Definida la escala, se elabora el dibujo de la escena dividiendo las mediciones realizadas por dicha escala. Por ejemplo, una longitud medida en la escena de 10 m, en un plano a escala 1:500 es una longitud de 0,02 m o 20 mm. Si se utiliza un escalímetro téngase en cuenta que la transposición de medidas es directa, es decir, escogiendo la graduación del escalímetro adecuada (donde pone en este caso 1:500) 10 unidades de dicha graduación se corresponden con los 10 metros de la realidad.
3. Introducción de leyendas y acotaciones en el dibujo. Aún cuando el dibujo se realiza a escala es necesario que se acote (indique la dimensión), al menos, una de las longitudes. Esto se debe a que en muchas ocasiones los planos originales se fotocopian, de manera que se altera la escala. Siempre y cuando haya una longitud acotada se puede determinar la escala real de la fotocopia. Entre las leyendas o símbolos es importante indicar la orientación geográfica de la escena (norte).
4. Una vez finalizado el dibujo se rellena el cajetín con datos como la escala, el número de plano, la designación, la fecha, etc.

Si el dibujo de la escena se va a realizar con algún programa informático de diseño asistido por computador es recomendable realizar el dibujo a escala 1:1, porque facilita el trabajo y cualquier medición o modificación posterior. Para pasar al papel los programas permiten imprimir indicando la escala. En este paso se procede como se explicó en el punto 1 anterior.

2.6.3 ALGUNAS CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

PUNTOS O LÍNEAS AUXILIARES O DE REFERENCIA

En algunas ocasiones, en la escena del accidente, puede ser interesante el empleo de puntos o referencias que, aunque no sean directos de identificar, puedan ser fácilmente determinables, tanto en la primera toma de datos, como posteriormente. Un ejemplo puede ser el punto intersección de las prolongaciones de dos rectas con una curva de enlace, como se muestra en la figura 2.49.

© ITES - Paraninfo

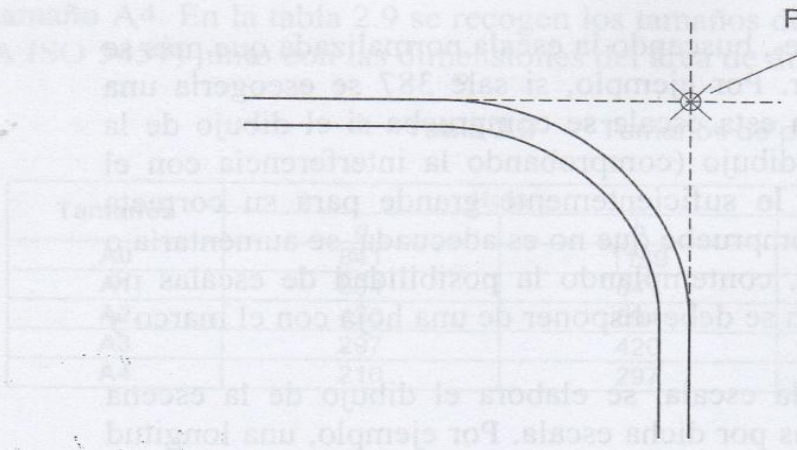


Figura 2.49 Identificación de un punto auxiliar

Estos puntos auxiliares pueden servir para definir, por ejemplo un origen de referencia para una medición por coordenadas cartesianas (figura 2.50) o para el empleo del método de triangulación (figura 2.51).

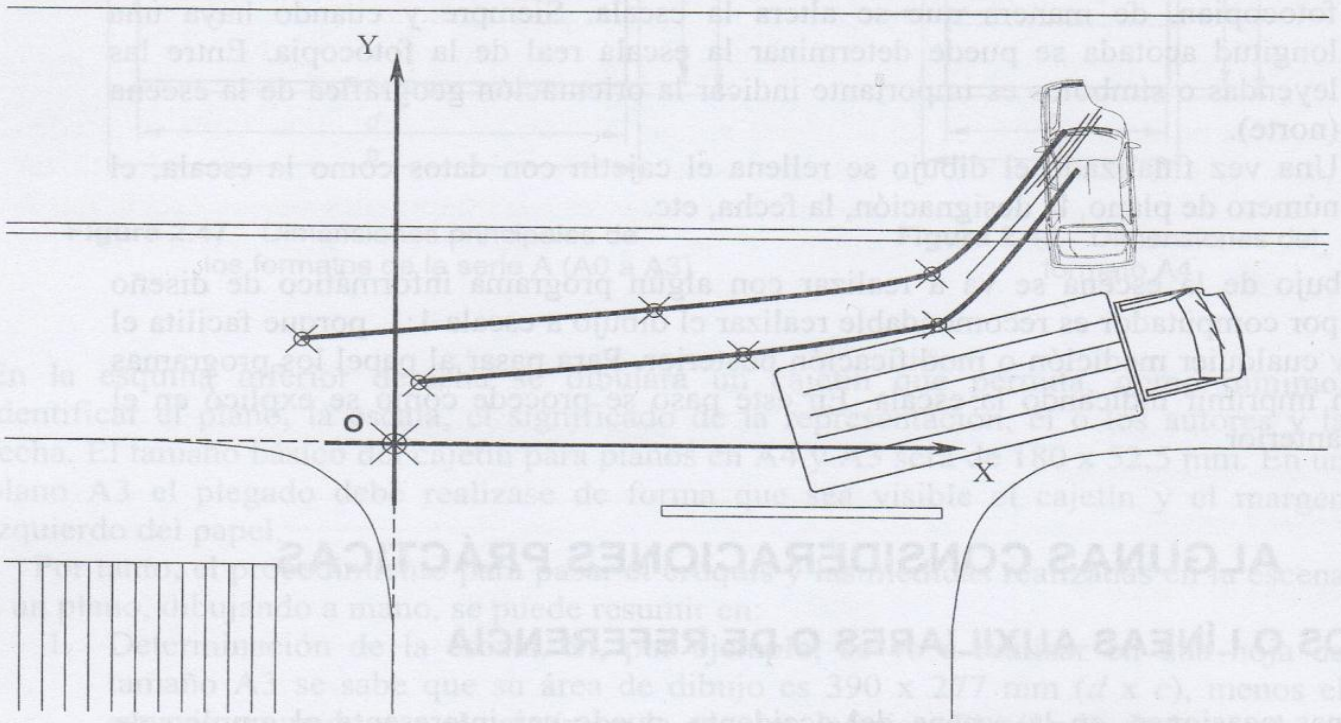
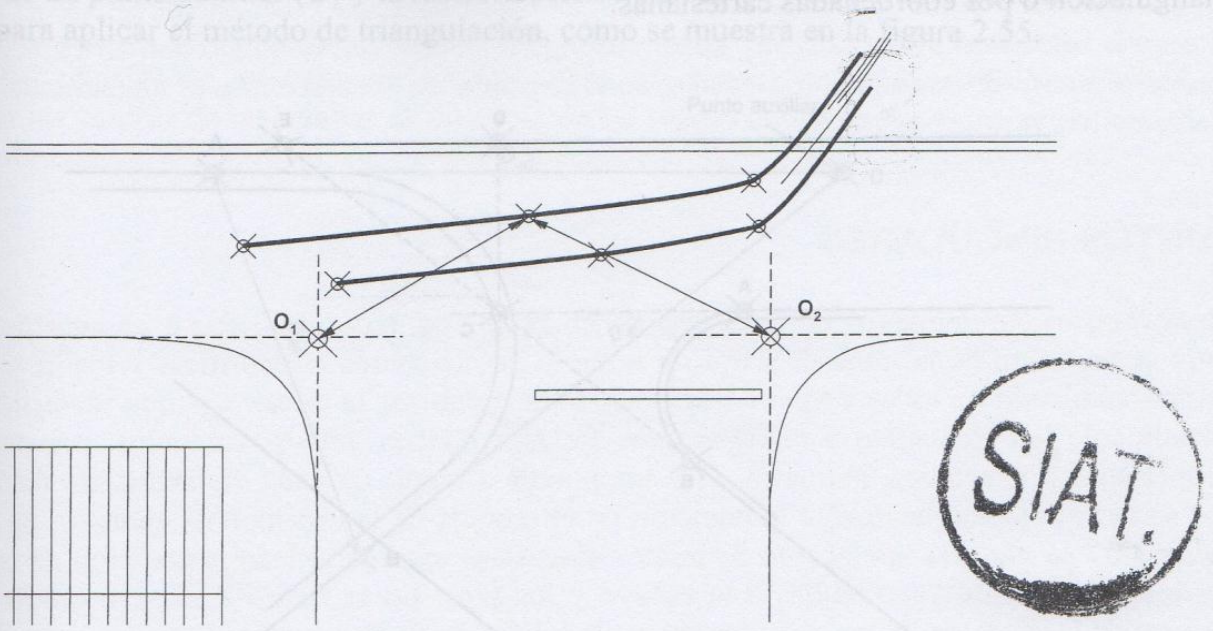


Figura 2.50 Empleo de un punto auxiliar como origen de un sistema de coordenadas cartesianas

© *ITES - Paraninfo*



SIAT.

Figura 2.51 Empleo de dos puntos auxiliares para su empleo en triangulación

El empleo de puntos auxiliares, puede permitir la identificación de parámetros característicos de algunos elementos de la escena del accidente, como es el caso de centro de curvas circulares o arcos de circunferencia o sus radios reales, como se muestra en la figura 2.52.

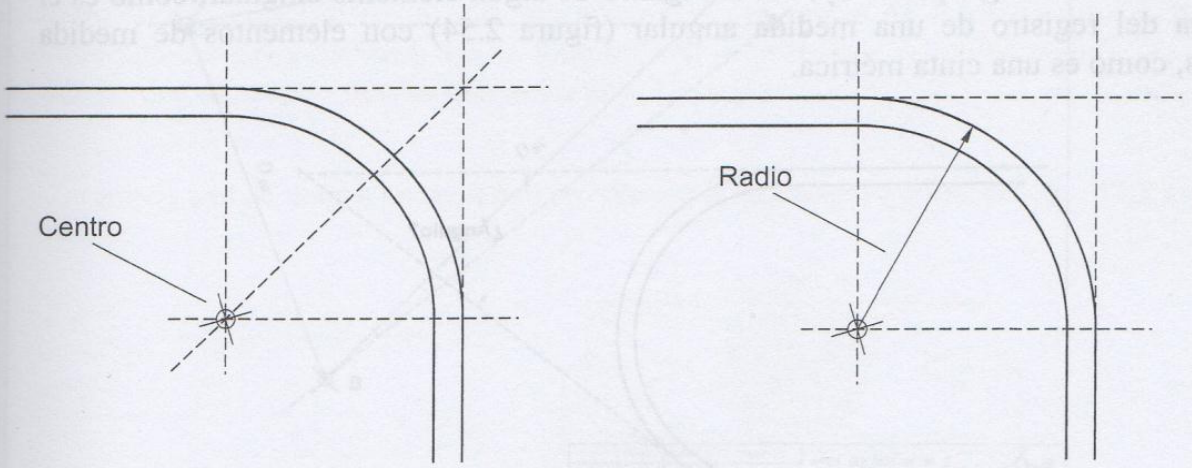


Figura 2.52 Empleo de puntos y líneas auxiliares para la obtención del centro de un arco

El trazado de puntos y rectas auxiliares, puede facilitar la tarea de registro de la escena de un accidente, como se muestra en la figura 2.53, donde se trazan una serie de líneas de

© ITES - Paraninfo

referencia, se identifican unos puntos y se procede al registro mediante el método de triangulación o por coordenadas cartesianas.

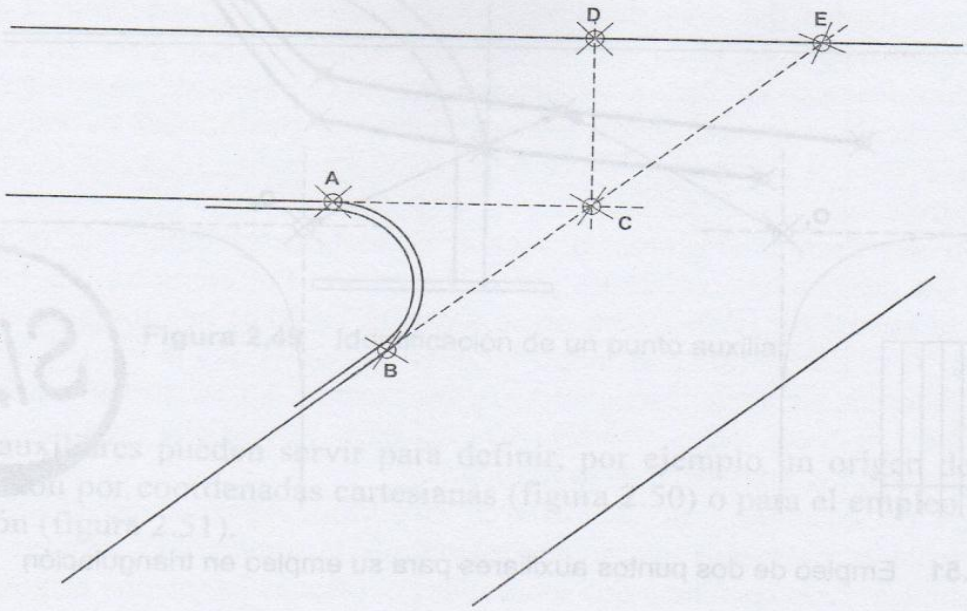


Figura 2.53 Empleo de puntos y líneas auxiliares de referencia para identificar puntos en la escena de un accidente

Esta misma metodología puede ayudar al registro de algún elemento singular, como es el problema del registro de una medida angular (figura 2.54) con elementos de medida sencillos, como es una cinta métrica.

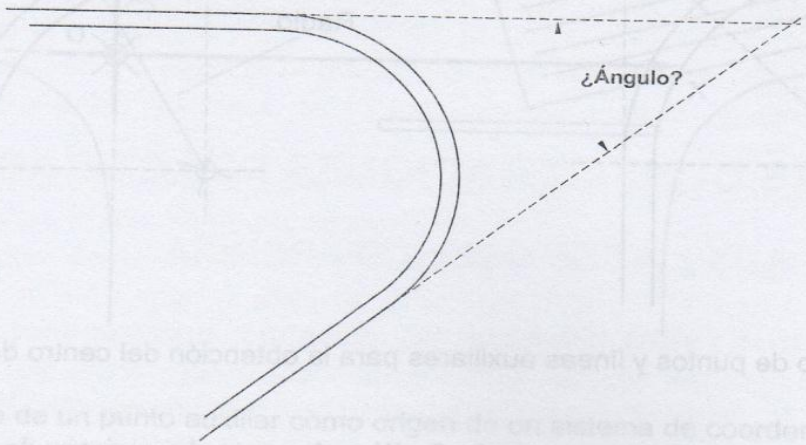


Figura 2.54 Ejemplo de dificultad de registro de la escena

© *ITES - Paraninfo*

El trazado de un punto auxiliar (**C**) y la identificación de otros (**A** y **B**) permite generar un triángulo, para aplicar el método de triangulación, como se muestra en la figura 2.55.

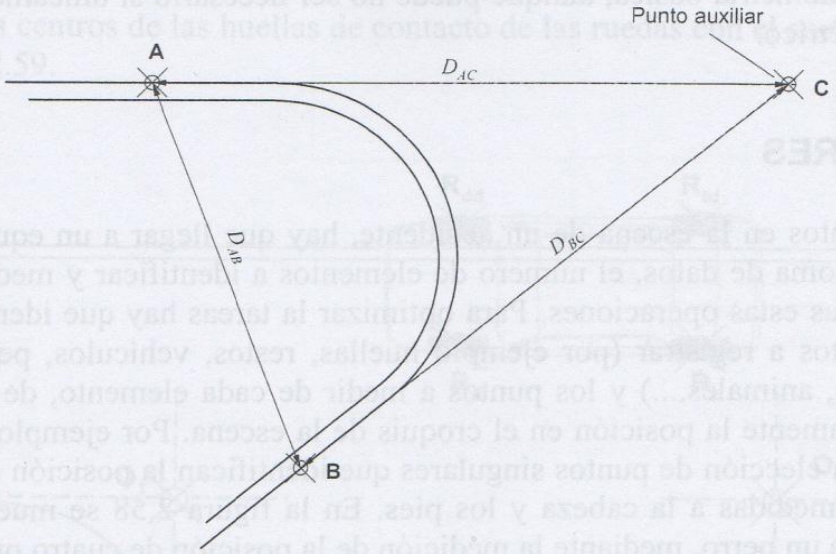


Figura 2.55 Utilización de un punto auxiliar y el método de triangulación para el registro de elementos singulares de la escena

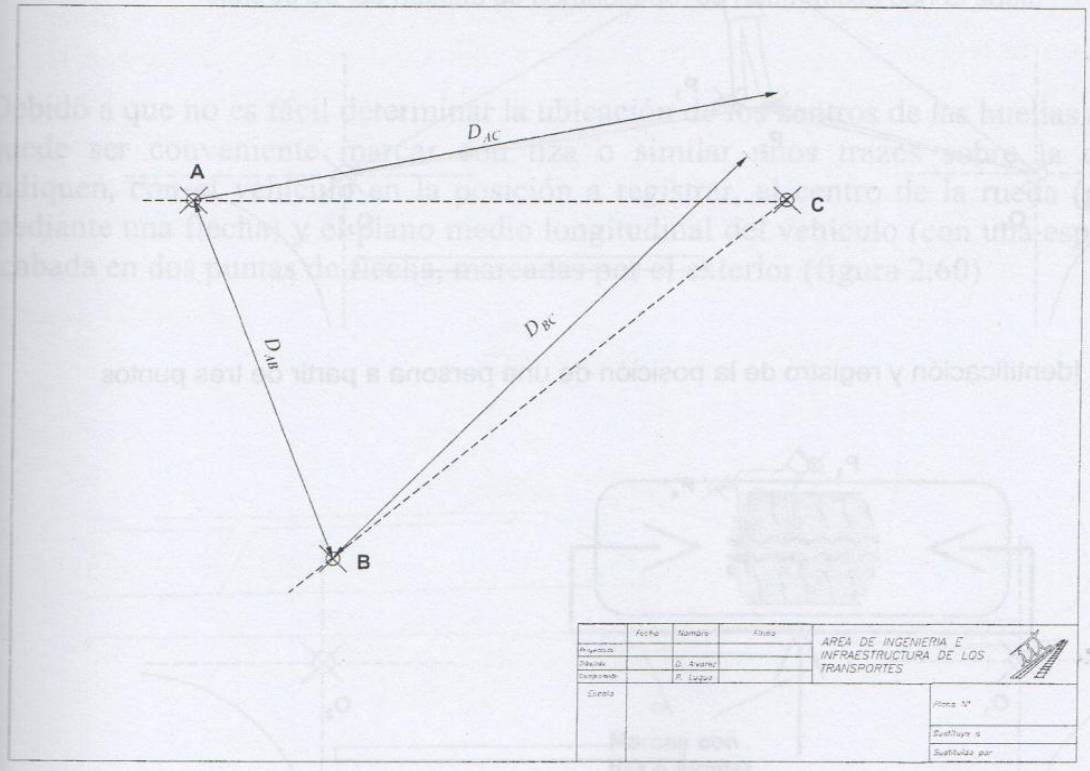


Figura 2.56 Representación en un plano del ángulo formado por dos rectas, medido mediante el método de la triangulación

© ITES - Paraninfo

Un vez que se han registrado las medidas lineales, se puede representar en un plano (figura 2.56) la medida objeto de interés aunque no se conozca exactamente su valor. En este caso, el valor de un ángulo de un triángulo puede ser obtenido numéricamente mediante el uso de trigonometría básica, aunque puede no ser necesario si únicamente se plantea el registro geométrico.

PUNTOS SINGULARES

En el registro de elementos en la escena de un accidente, hay que llegar a un equilibrio entre la precisión de la toma de datos, el número de elementos a identificar y medir y el tiempo empleado en todas estas operaciones. Para optimizar la tareas hay que identificar inicialmente los elementos a registrar (por ejemplo huellas, restos, vehículos, personas atropelladas o eyectadas, animales,...) y los puntos a medir de cada elemento, de forma que se defina inequívocamente la posición en el croquis de la escena. Por ejemplo, en la figura 2.57 se muestra la elección de puntos singulares que identifican la posición de una persona, a partir de las medidas a la cabeza y los pies. En la figura 2.58 se muestra el registro de la posición de un perro, mediante la medición de la posición de cuatro puntos.

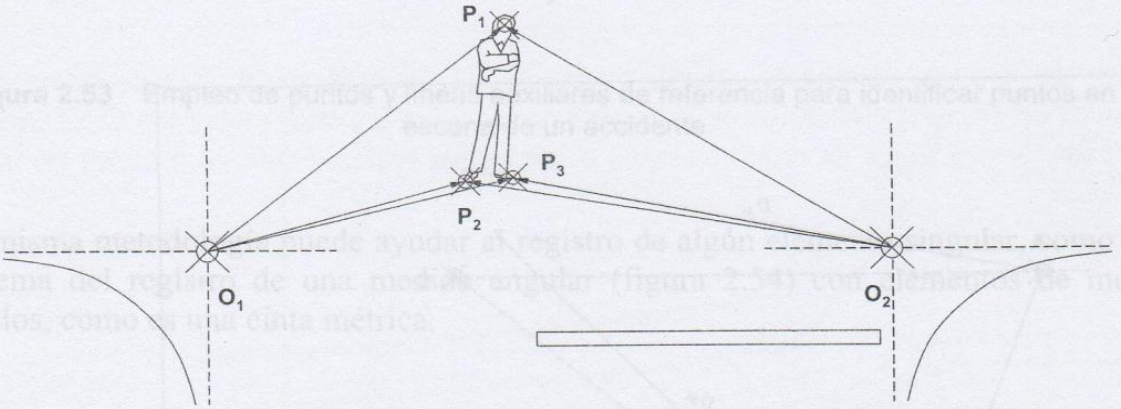


Figura 2.57 Identificación y registro de la posición de una persona a partir de tres puntos

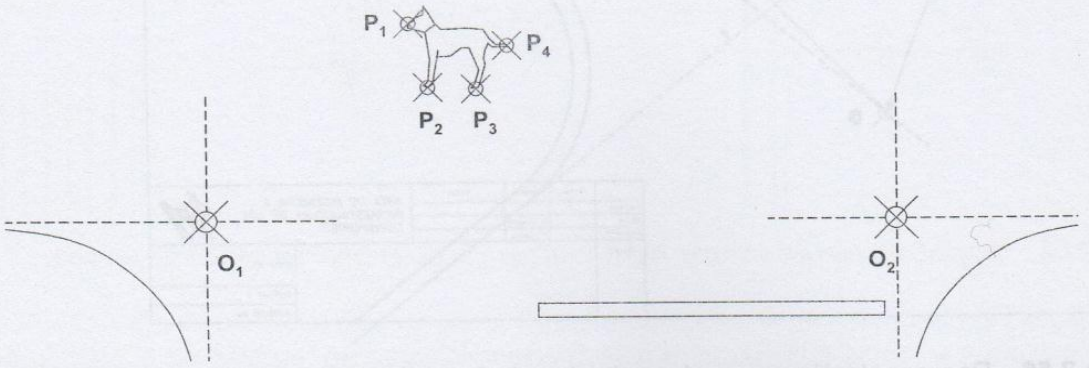


Figura 2.58 Identificación y registro de la posición de un animal (perro) a partir de cuatro puntos

© *ITES - Paraninfo*

En el caso de tratarse de un vehículo, lo más adecuado, para no cometer errores en el posicionamiento, es identificar puntos de contacto entre el vehículo y la calzada. En el caso del registro de un vehículo situado sobre sus ruedas, lo más indicado suele ser indicar los centros de las huellas de contacto de las ruedas con el suelo, como se indica en la figura 2.59.

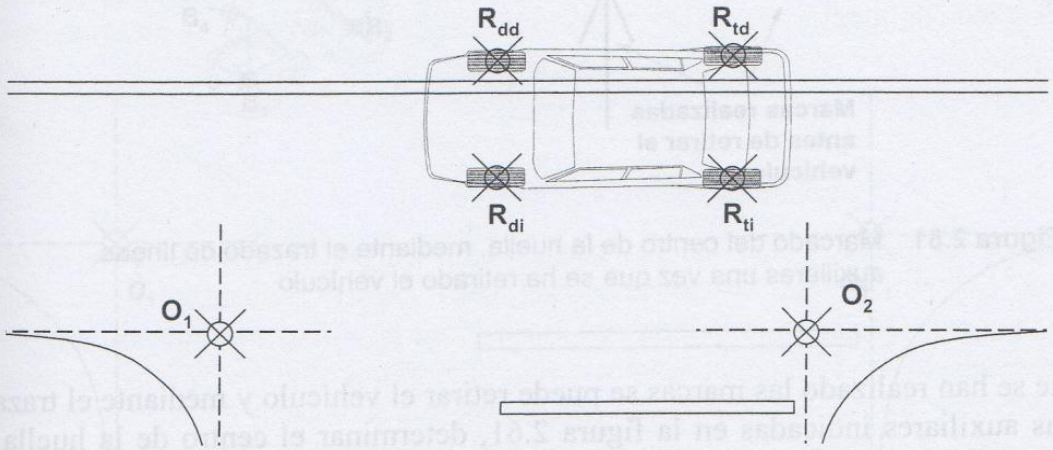


Figura 2.59 Identificación y registro de la posición de un vehículo a partir de los centros de las huellas de contacto de los neumáticos con el suelo

Debido a que no es fácil determinar la ubicación de los centros de las huellas de contacto, puede ser conveniente marcar con tiza o similar unos trazos sobre la calzada que indiquen, con el vehículo en la posición a registrar, el centro de la rueda (por ejemplo mediante una flecha) y el plano medio longitudinal del vehículo (con una especie de caja acabada en dos puntas de flecha, marcadas por el exterior (figura 2.60)

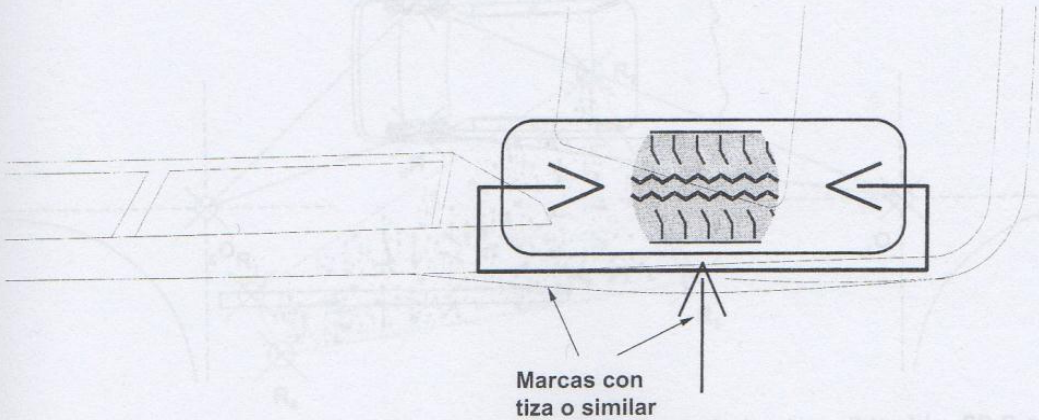


Figura 2.60 Marcado de la posición de la rueda indicando el centro (flecha) y el plano medio, con el vehículo en la posición a registrar

© ITES - Paraninfo

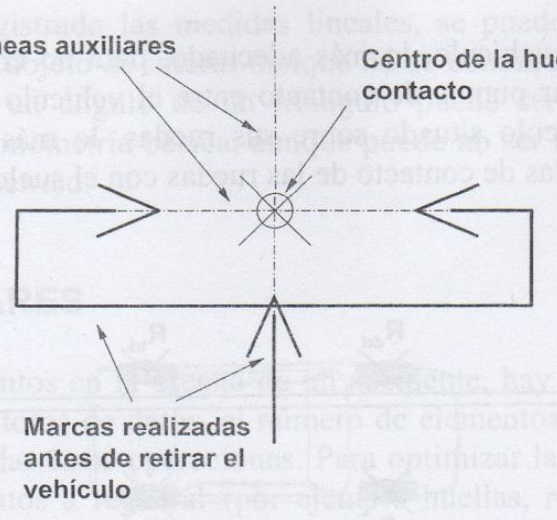


Figura 2.61 Marcado del centro de la huella, mediante el trazado de líneas auxiliares una vez que se ha retirado el vehículo

Una vez que se han realizado las marcas se puede retirar el vehículo y mediante el trazado de las líneas auxiliares indicadas en la figura 2.61, determinar el centro de la huella de contacto, identificativa de la posición del vehículo. El óptimo será identificar los centros de todas las huellas, aunque puede ser que esto no sea posible, en función del estado en que haya quedado el vehículo tras el accidente. En ese caso hay que recordar que a partir de la identificación exacta de un eje, con dos puntos, y datos del vehículo como son la batalla y el ancho de vía, se puede posicionar el vehículo con bastante exactitud, siempre que las mediciones se hagan sobre un eje no deformado. Por ejemplo, para un caso de una colisión frontal, la posición de un vehículo puede registrarse en un plano a partir de la determinación de los centros del eje posterior y las medidas del perfil deformado del vehículo, según se indica en la figura 2.62.

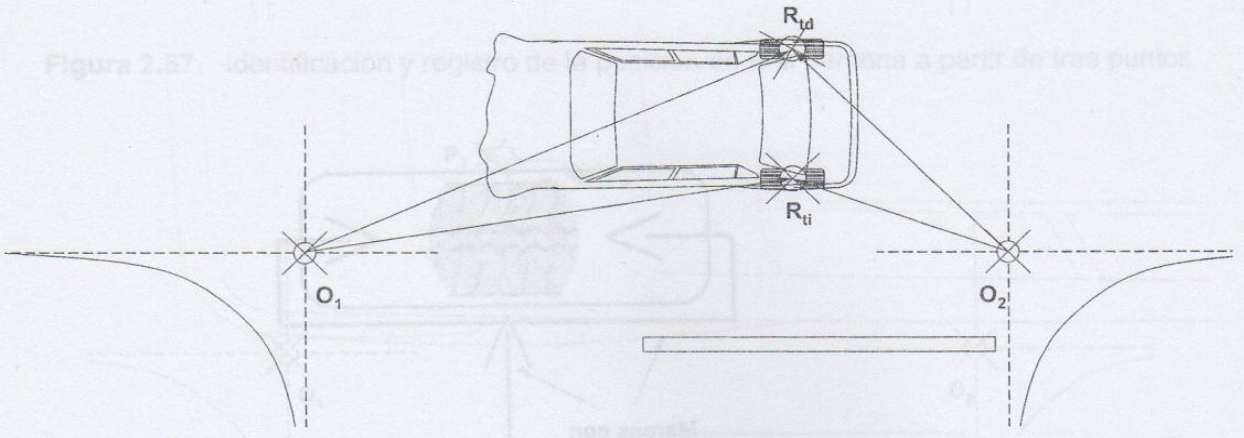


Figura 2.62 Identificación de la posición de un vehículo a partir de la posición del eje posterior y del perfil deformado general

© *ITES - Paraninfo*

Otros tipos de vehículos como motocicletas, ciclomotores o bicicletas pueden ser identificadas (figura 2.63) por puntos representativos de su posición, como son el centro de las ruedas, manillar, sillín,...

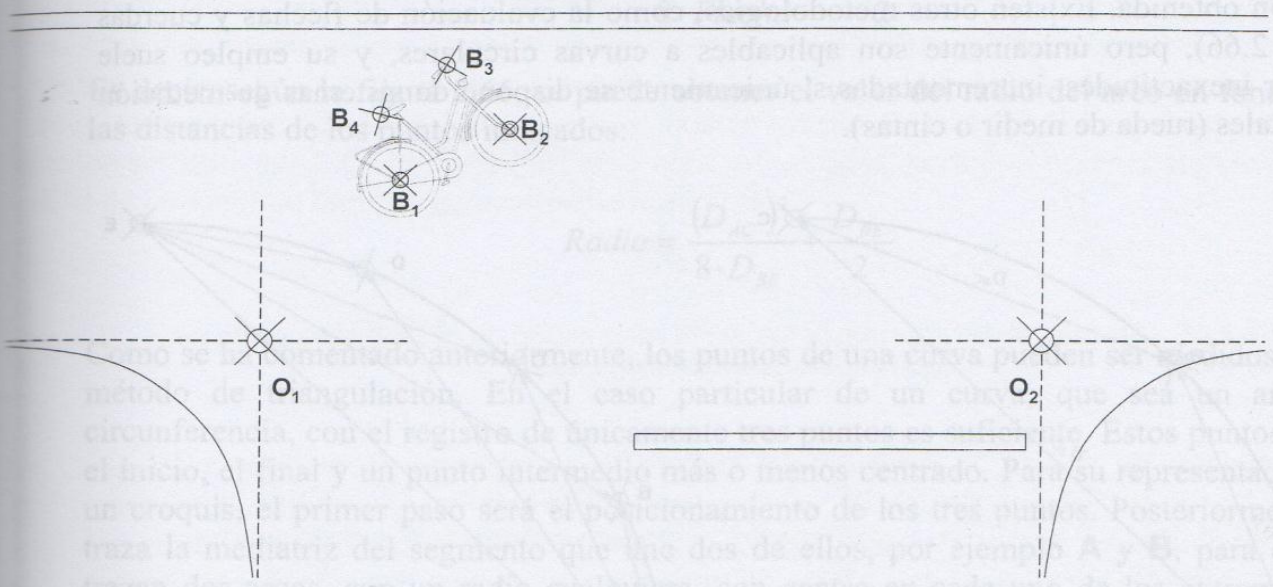


Figura 2.63 Identificación de la posición de una bicicleta a partir cuatro puntos

En caso de la identificación de la posición de restos constituidos por pequeñas partículas, líquidos, grasas,... lo más práctico, además de tomar imágenes (fotografías) es intentar identificar patrones o formas que engloben y caractericen el área a registrar. Es habitual que estos patrones puedan ser posteriormente identificados con direcciones de proyección, impacto, velocidades, aceleraciones,... y por ello es importante un análisis detallado y su registro.

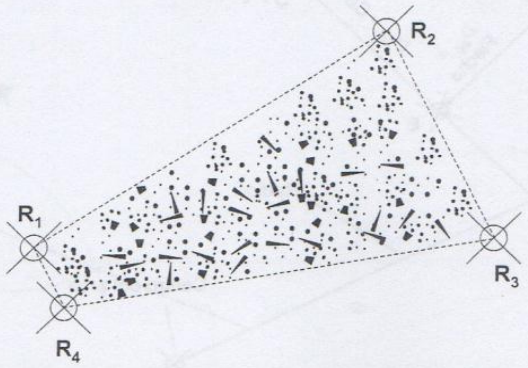


Figura 2.64 Identificación de patrón y puntos característicos para el registro de restos de la escena

© ITES - Paraninfo

LAS CURVAS

El registro de una curva se puede realizar mediante el método de la triangulación, como se muestra en la figura 2.65. Para ello se marcarán al menos tres puntos y se tomarán las medidas indicadas. Cuantos más puntos y mediciones se realicen, más alta será la precisión obtenida. Existen otras metodologías, como la evaluación de flechas y cuerdas (figura 2.66), pero únicamente son aplicables a curvas circulares, y su empleo suele implicar inexactitudes, incrementadas si únicamente se dispone de sistemas de medición elementales (rueda de medir o cintas).

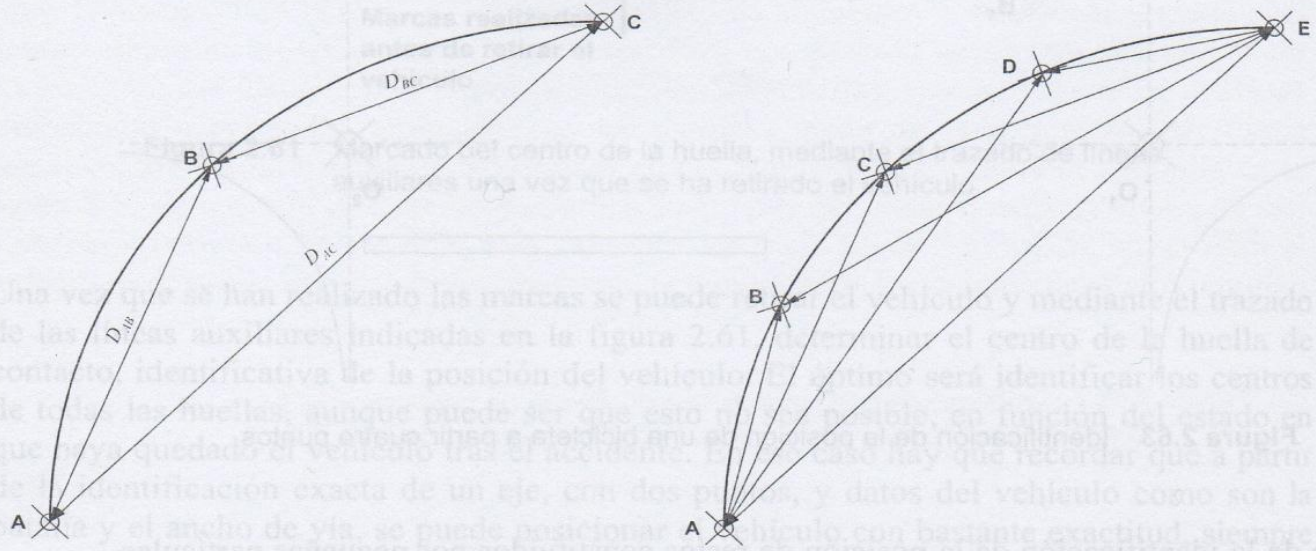


Figura 2.65 Triangulación de una curva por tres o cinco puntos

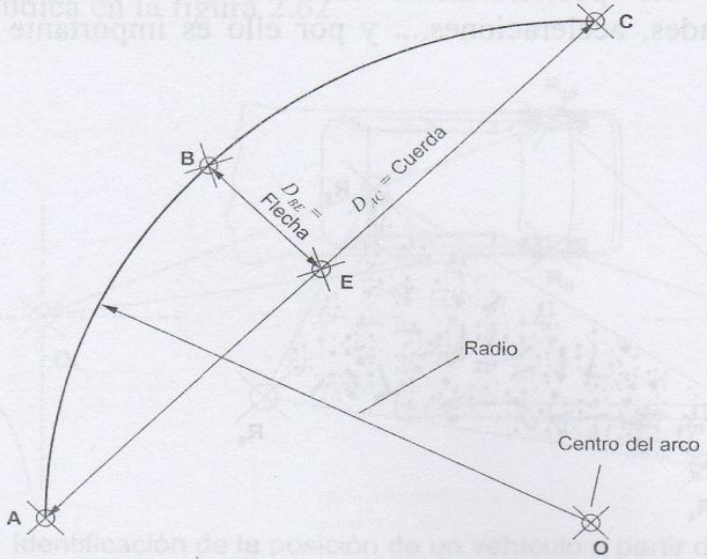


Figura 2.66 Medición de la cuerda y la flecha en un arco de circunferencia

© ITES - Paraninfo

Hay que recordar que existe una relación entre la cuerda, la flecha y el radio, para el caso particular de arcos circulares (figura 2.66) que es:

$$Radio = \frac{(Cuerda)^2}{8 \cdot Flecha} + \frac{Flecha}{2}$$

Es decir, según la figura 2.66, se puede obtener el valor del radio del arco en función de las distancias de los puntos indicados:

$$Radio = \frac{(D_{AC})^2}{8 \cdot D_{BE}} + \frac{D_{BE}}{2}$$

Como se ha comentado anteriormente, los puntos de una curva pueden ser medidos por el método de triangulación. En el caso particular de un curva, que sea un arco de circunferencia, con el registro de únicamente tres puntos es suficiente. Estos puntos serán el inicio, el final y un punto intermedio más o menos centrado. Para su representación en un croquis, el primer paso será el posicionamiento de los tres puntos. Posteriormente se traza la mediatriz del segmento que une dos de ellos, por ejemplo **A** y **B**, para ello se trazan dos arcos, con un radio cualquiera, con centro en cada uno de los extremos del segmento. La línea de unión de la intersección de los arcos es la mediatriz del segmento, es decir una recta perpendicular que pasa por su punto medio (figura 2.67).

Repitiendo el procedimiento para el segmento que une los otros dos puntos, se obtiene otra mediatriz (figura 2.68). La intersección de las dos mediatrices (**O**) equidista de los tres puntos registrados y permite obtener el centro de la circunferencia que pasa por los puntos que delimitan el arco de circular buscado (figura 2.69).

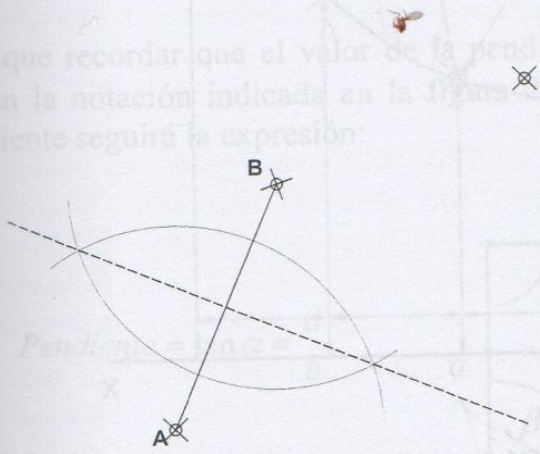


Figura 2.67 Trazado de la mediatriz de un segmento

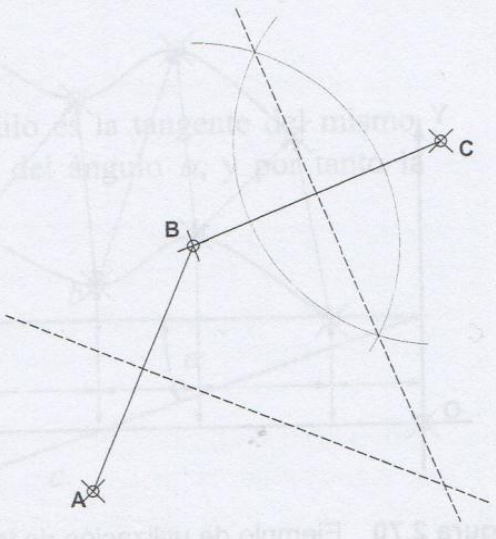


Figura 2.68 Trazado de dos mediatrices de los segmentos que unen tres puntos

© ITES - Paraninfo

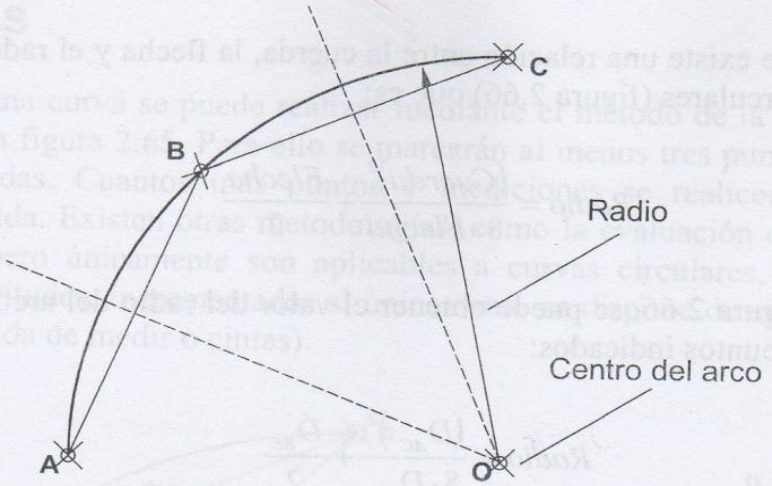


Figura 2.69 Trazado de un arco con centro en la intersección de dos mediatrices de los segmentos que unen tres puntos

Para el registro de curvas, la decisión del empleo de un sistema de referencia no es excluyente a otros, ya que, dentro de la misma escena puede ser interesante combinar diversas posibilidades si con ello se optimiza el trabajo (figura 2.70). Esta metodología puede ser aplicada con éxito si se dispone de una referencia recta adecuada, como puede ser el caso de una marca vial, bordillo, edificación,...

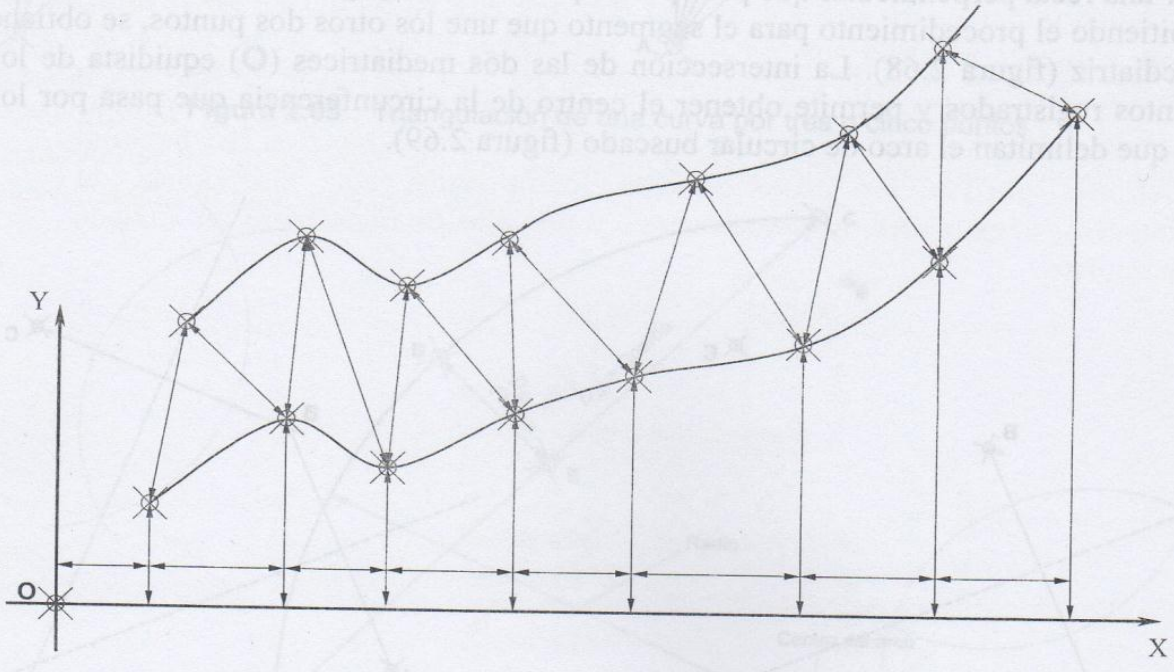


Figura 2.70 Ejemplo de utilización de las coordenadas cartesianas incrementales y triangulación para el registro de dos líneas curvas complejas

© *ITES - Paraninfo*

RAMPA/PENDIENTE

En la toma de datos puede ser que sea necesaria la determinación de la inclinación o ángulo respecto a una referencia horizontal de algún elemento de la escena. Para ello existen aparatos específicos (clinómetros, goniómetros, niveles,...) o integrados en otros más completos como es una estación total de georeferencia. Para medidas aproximadas se pueden utilizar reglas, escuadras, transportadores de ángulos, niveles,... En caso de necesitar una referencia horizontal o vertical existen niveles de burbuja de bajo precio que pueden ser utilizados. Otras variantes, algo más sofisticadas, permiten obtener ángulos a partir de un nivel de burbuja generalmente horizontal.

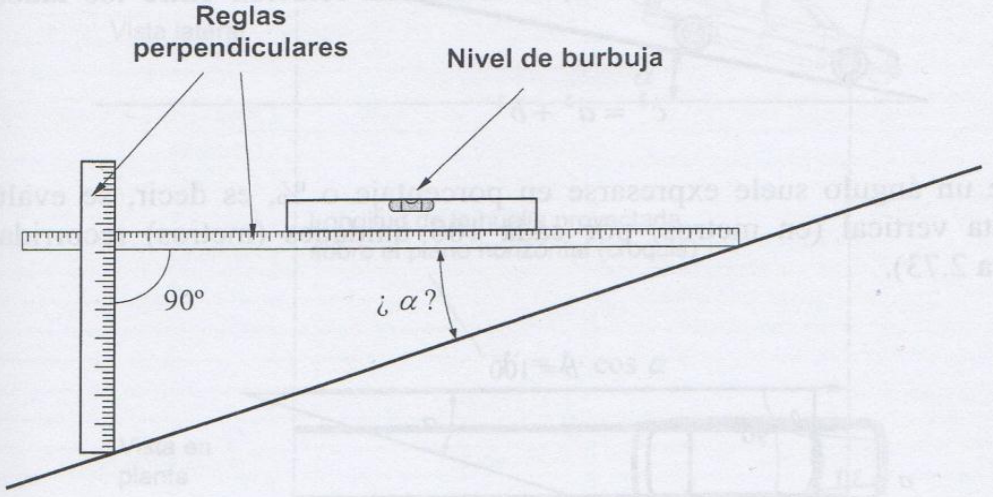


Figura 2.71 Evaluación de un ángulo de inclinación mediante dos reglas escuadradas y un nivel de burbuja

Hay que recordar que el valor de la pendiente de un ángulo es la tangente del mismo. Según la notación indicada en la figura 2.72, la tangente del ángulo α, y por tanto la pendiente seguirá la expresión:

$$Pendiente = \tan\alpha = \frac{a}{b}$$

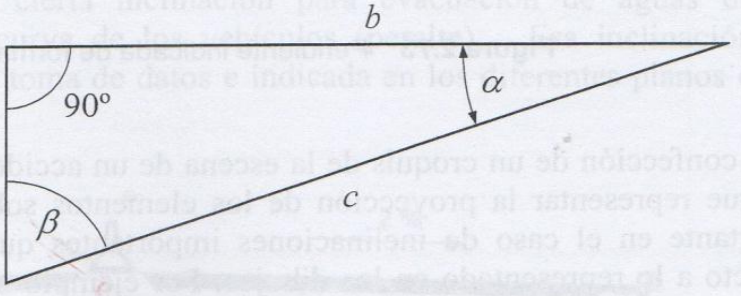


Figura 2.72 Triángulo rectángulo y pendiente de un ángulo

© ITES - Paraninfo

De forma complementaria, puede ser interesante citar otras relaciones trigonométricas y expresiones aplicables al caso de triángulos rectángulos, es decir, con un ángulo recto o a 90º.

$$Seno: \operatorname{sen}\alpha = \frac{a}{c} \qquad Coseno: \cos\alpha = \frac{b}{c}$$

Además se cumple que la suma de los ángulos interiores de un triángulo es 180º, con lo que se tiene la relación:

$$\beta = 90 - \alpha$$

Y, por aplicación del teorema de Pitágoras, se tiene una relación entre los lados del triángulo:

$$c^2 = a^2 + b^2$$

La pendiente de un ángulo suele expresarse en porcentaje o %, es decir, se evalúa la variación de cota vertical (en metros) por cada 100 unidades (metros) recorridas en horizontal (figura 2.73).

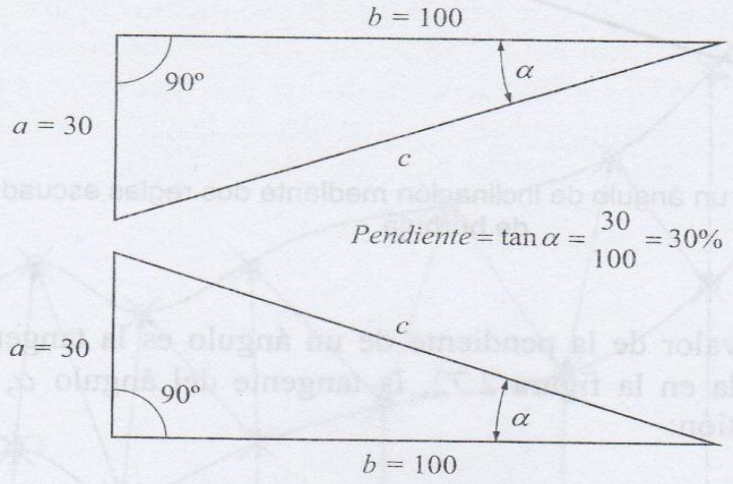


Figura 2.73 Pendiente indicada de forma porcentual (%)

En la confección de un croquis de la escena de un accidente hay que tener en cuenta que hay que representar la proyección de los elementos sobre el plano del dibujo. Esto es importante en el caso de inclinaciones importantes que modifican las medidas reales respecto a lo representado en los dibujos. Por ejemplo en la figura 2.74, se muestra una vista lateral y en planta de una superficie inclinada sobre la cual un vehículo ha dejado

© *ITES - Paraninfo*

marcada una huella de interés en la fase de la toma de datos. En la escena se puede medir que la longitud real de la huella es una cantidad (l), pero sobre un croquis que represente la proyección horizontal de la escena hay que modificar esa medida real y representar su medida modificada en función del valor del ángulo de inclinación. Es aconsejable indicar estas modificaciones en los croquis, tanto la inclinación de la superficie (rampa/pendiente), como el valor de la medida real y el de la representada ($l' = l \cdot \cos \alpha$).

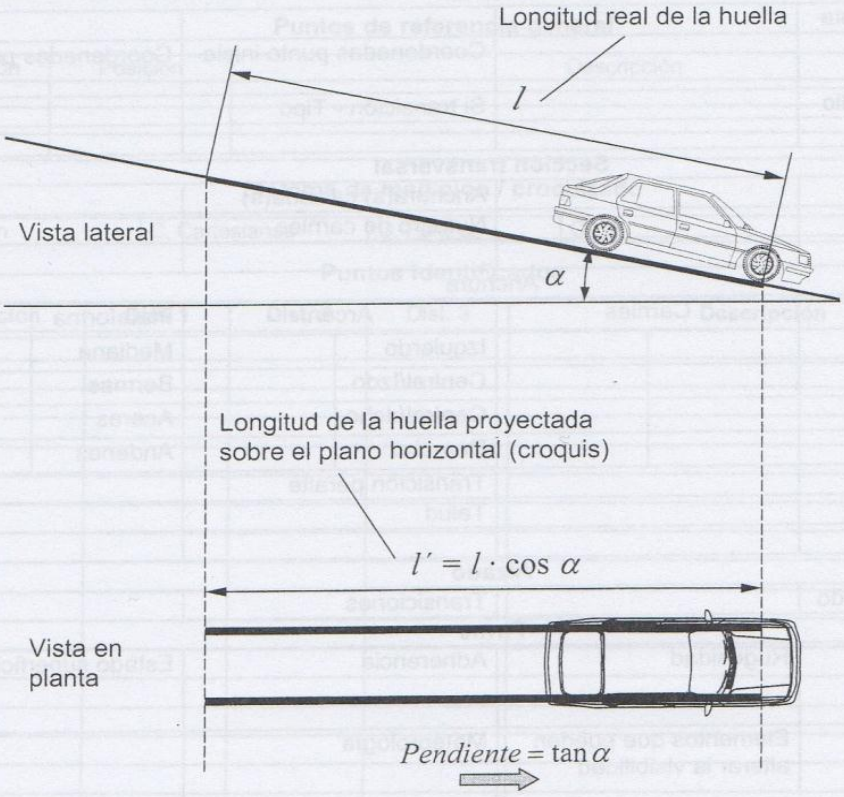


Figura 2.74 Medición real en una pendiente y representación de longitud modificada al ser proyectada en un plano horizontal

Como se ha comentado anteriormente, es habitual que la sección transversal no sea horizontal, sino que presente una cierta inclinación para evacuación de aguas de escorrentía, optimizar el paso por curva de los vehículos (peralte),... Esa inclinación transversal, debe ser registrada en la toma de datos e indicada en los diferentes planos o croquis confeccionados (figura 2.74).

Figura 2.75 Sección transversal de la carretera, con indicación de la inclinación

© *ITES - Paraninfo*

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Identificación de la vía

Código accidente		Fecha	
Tramo nº		Tipo tramo:	
Urbana/Interurbana		Denominación oficial	
Categoría			
Planta			
Tipo alineamiento planta			
Longitud total		Coordenadas punto inicio	Coordenadas punto final
Si curva circular – Radio		Si transición - Tipo	
Sección transversal			
Número de calzadas		Anchura(s) calzada(s)	
Accesos		Número de carriles	
Tipo de márgenes			

Anchura							
Calzada (s)		Carriles		Arcén		Plataforma	
				Izquierdo		Mediana	
				Central/Izdo		Bermas	
				Central/dcho		Aceras	
				Derecho		Andenes	

Peralte / Bombeo		Transición peralte	
Cunetas		Talud	
Gálibo			
Alzado			
Tipo alineamiento alzado		Transiciones	
Firme			
Tipo	Rugosidad	Adherencia	Estado superficial
Luminosidad General Valor iluminancia	Elementos que pueden alterar la visibilidad	Meteorología	
Tráfico			
Estado general	Capacidad vial	Nivel de servicio	
Elementos de seguridad pasiva			
	Tipo	Homologación	Nivel de contención
1			
2			
3			
4			
Visibilidad			
Punto	Distancia visibilidad	Tipo visibilidad	Dirección y sentido

Figura 2.76 Ejemplo de ficha para la identificación general de una vía

© *ITES - Paraninfo*

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Identificación de la escena

Código accidente		Fecha	
Tramo nº		Tipo tramo:	
Urbana/Interurbana		Denominación oficial	
Categoría			

Puntos de referencia general

Designación	Posición	Descripción

Sistema de medición / croquizado

Triangulación	C. Cartesianas	C. Polares	Otros

Puntos identificados

Designación	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	Descripción

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Identificación de la vía – Trazado en planta

Código accidente		Denominación oficial	
Fecha		Día de la semana	
Tramo nº		Tipo tramo:	

Croquis alineamiento en planta

Observaciones

Figura 2.78 Ejemplo de ficha para la identificación del trazado en planta de una vía

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Identificación de la vía – Sección transversal y longitudinal

Código accidente		Denominación oficial	
Fecha		Día de la semana	
Tramo nº		Tipo tramo:	

Sección transversal

Sección longitudinal

Figura 2.79 Ejemplo de ficha para el trazado transversal y longitudinal de una vía

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Identificación de la vía – Deterioros del firme

Código accidente		Fecha	
Tramo nº		Tipo tramo:	
Urbana/Interurbana		Denominación oficial	
Categoría		Ubicación	

Firme flexible y semirrígido

Deformaciones

- ❑ Rodera
- ❑ Hundimiento
- ❑ Blandón
- ❑ Bordón longitudinal
- ❑ Arrollamiento transversal
- ❑ Firme ondulado
- ❑ Ondulación
- ❑ Huella
- ❑ Protuberancia
- ❑ Burbuja

Roturas

- ❑ Fisura o grieta longitudinal central
- ❑ Fisura o grieta longitudinal lateral
- ❑ Fisura o grieta transversal
- ❑ Fisura o grieta errática
- ❑ Fisura o grieta parabólica
- ❑ Piel de cocodrilo o cuarteo en malla fina
- ❑ Cuarteo en malla gruesa
- ❑ Grietas en las rodadas
- ❑ Fisura o grieta en el borde de la calzada
- ❑ Grieta reflejada
- ❑ Grieta curva

Desprendimientos

- ❑ Firme brillante
- ❑ Descarnadura
- ❑ Áridos pulimentados
- ❑ Peladura
- ❑ Bache
- ❑ Fallo de envuelta
- ❑ Desintegración
- ❑ Verruga
- ❑ Estriado

Exudaciones

- ❑ Exudación
- ❑ Flujo de ligante
- ❑ Mancha de humedad
- ❑ Ascensión de finos

Descripción y particularidades

Descripción gráfica (fotografía y/o croquis)

Figura 2.80 Ejemplo de ficha de defectos de firmes flexibles y semirrígidos

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Identificación de la vía – Deterioros del firme

Código accidente		Fecha	
Tramo nº		Tipo tramo:	
Urbana/Interurbana		Denominación oficial	
Categoría		Ubicación	

Firme rígido

Deformaciones

- ❑ Escalonamiento
- ❑ Asiento

Fluencias

- ❑ Expulsión del producto sellado
- ❑ Surgencia

Otros defectos

- ❑ Falta de textura superficial
- ❑ Desgaste en las rodadas
- ❑ Junta longitudinal abierta

Roturas

- ❑ Fisura o grieta longitudinal
- ❑ Fisura o grieta transversal
- ❑ Rotura en esquina
- ❑ Cuarteo en malla grande
- ❑ Piel de cocodrilo o cuarteo en malla fina
- ❑ Rotura de junta transversal
- ❑ Descascarillado
- ❑ Pérdida de estanqueidad
- ❑ Pandeo
- ❑ Desconchado
- ❑ Arranque de árido grueso
- ❑ Bache
- ❑ Peladura

Descripción y particularidades

Descripción gráfica (fotografía y/o croquis)

Figura 2.81 Ejemplo de ficha de defectos de firmes flexibles y semirrígidos

© ITES - Paraninfo

3

EL VEHÍCULO

3.1 IDENTIFICACIÓN GENERAL Y DOCUMENTACIÓN

Un estudio detallado del vehículo implica, inicialmente su identificación y análisis de todos los documentos que deberán, en cada caso, llevar asociados. Entre los que cabe destacar:

- ✓ Tarjeta ITV
- ✓ Permiso de circulación
- ✓ Seguros (vehículo, cargas, pasajeros,...)
- ✓ Tarjeta de transporte
- ✓ Carta de porte de mercancías peligrosas
- ✓ Contrato de transporte (viajeros o mercancías)
- ✓ Datos de la concesión en el caso de transporte de viajeros

La documentación es una parte esencial en toda investigación, debiendo, por tanto, conseguirse toda la relativa a los vehículos y a las cargas transportadas en el caso de mercancías o las condiciones del servicio en el caso de transporte público de viajeros, sin olvidar los seguros.

© ITES - Paraninfo

Cobra aquí especial interés el tener en cuenta la legislación sectorial en materia de transportes, ya que en un accidente pueden verse implicados alguno de los siguientes vehículos:

- Vehículo pesado de transporte público o privado complementario de mercancías.
- Vehículo ligero de transporte privado, público o privado complementario de mercancías.
- Vehículo de transporte mixto.
- Vehículo de transporte público o privado complementario de viajeros.
- Vehículo de turismo de transporte público urbano e interurbano de viajeros (taxi).
- Vehículo de transporte sanitario (ambulancia).
- Vehículo de transporte funerario.
- Vehículo de transporte de animales vivos.
- Vehículo de transporte público de mercancías peligrosas.

La anterior enumeración pretende tan sólo ser un resumen de todas las posibilidades que pueden producirse. Si el tipo de vehículo y la clase, más o menos genérica de transporte, la relacionamos con otras peculiaridades que pueden darse en un transporte concreto, cabría mencionar, entre otras, las siguientes:

- Vehículos arrendados con o sin conductor.
- Transporte internacional, tanto de vehículos ligeros como pesados, de carga general o de mercancías peligrosas, en régimen de cuadernos TIR, liberalizado o contingentado, con autorización CEMT, etc.
- Transporte especial.
- Transporte de fondos.
- Transporte urgente.
- Transporte de alimentos y productos alimentarios a temperatura dirigida.
- Transporte de mercancías perecederas.

Resulta patente la complejidad de la toma de datos en un accidente en el que estén implicados vehículos o clases de transporte de las citadas. Tal realidad supone un importante incremento de la dificultad por la complejidad que supone y sin pretender hacer ahora un tratado sobre transportes[1], a los fines que interesan es necesario llamar la atención sobre estos aspectos concretos, puesto que es ineludible que en el momento de elaborar el informe técnico se cuente con toda la información relacionada con documentos vinculados a estas clases de vehículos, función que debe cumplir la toma de datos. La implicación de vehículos de transporte y la clase de éste hace que el aspecto

[1] A efectos de ampliación y conocimiento del régimen jurídico general del transporte véase J.M. GONZÁLEZ-CARBAJAL GARCÍA, *El transporte público de mercancías por carretera – régimen jurídico de sus profesiones y actividades-*, Ed. Colex, Madrid, 1998.

© *ITES - Paraninfo*

documental de la toma de datos tenga que ir más allá del habitual permiso de circulación, ITV, y póliza de seguro, puesto que por razón de la actividad y de la cualidad del propio vehículo utilizado en la misma, la documentación exigible puede llegar a ser ciertamente copiosa y compleja, pero que no por eso deja de ser importante y necesaria.

En cuanto a la documentación de los vehículos, la regla general impone hacerse con el permiso o permisos de circulación y el seguro, documentos que en muchos de los casos serán más que suficientes ya que permitirán saber todo lo necesario acerca de titularidades, ITV, entidad aseguradora, riesgos cubiertos en función del tipo de póliza, tomador del seguro y conductor habitual declarado. Pero no siempre este aspecto quedará resuelto, si atendemos a la autorización del vehículo podemos ir desde un simple permiso o licencia de circulación de un ciclomotor, hasta las distintas autorizaciones y demás documentos exigibles a un transporte internacional pesado de mercancías peligrosas en régimen de cuadernos TIR realizado con un vehículo articulado compuesto de cabeza tractora o tractocamión y semirremolque de distintas titularidades que, además puede haber sido arrendado y realizar un transporte no liberalizado, bien con una autorización procedente de contingentes bilaterales o multilaterales. En este caso, estaremos de acuerdo en la complejidad del asunto ya que los permisos de circulación, con las consiguiente ITV cada uno, se duplican, de la misma forma que los seguros y las titularidades.

Cuando está implicado un vehículo articulado, deberemos obtener los permisos de circulación del tractocamión y el semirremolque, así como los seguros, dándole un tratamiento a cada parte como si de un sólo vehículo se tratara, y también la autorización de transporte correspondiente en función del tipo de vehículo, ligero o pesado, y el ámbito del transporte (ambos aspectos puestos en evidencia, en principio, por el distintivo externo obligatorio). Teniendo en cuenta que la legislación de transportes sólo exige autorización para la tracción.

Si el transporte es internacional, habrá que comprobar la autorización correspondiente, a cuyo fin hay que recordar que a tenor de nuestra legislación, las empresas españolas tienen que estar genéricamente habilitadas o específicamente autorizadas para realizar tal clase de transporte y que uno de los elementos que determinan la obligatoriedad de disponer o no de autorización es el hecho de que el tipo de transporte internacional (atendiendo a la clase o tipo de mercancía transportada) esté liberalizado o precise de autorización administrativa.

Los transportes internacionales liberalizados son aquellos que pueden realizarse por transportistas españoles sin necesidad de proveerse previamente de una autorización específica, siendo suficiente en estos casos la habilitación genérica antes mencionada (esta habilitación se obtiene por la inscripción en el Subsección de Empresas de Transporte Internacional de Mercancías del Registro General de Transportistas y de Empresas de Actividades Auxiliares y Complementarias del Transporte –RETIM-)[2], si

[2] Para el debido conocimiento del régimen jurídico del transporte internacional de mercancías, véase la Orden de 4 de abril de 2000, por la que se desarrolla el capítulo IV del Título IV del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (ROTT), teniendo en cuenta

© ITES - Paraninfo

bien hay algunas diferencias según el vehículo sea ligero o pesado. Para los primeros la norma sólo exige la previa titularidad de una autorización con radio de acción suficiente (no es necesario que sea nacional) para cubrir la parte del transporte que haya de realizarse en territorio español, mientras que en el caso de los vehículos pesados es necesario contar con una autorización de ámbito nacional. Cuando se trata de transporte privado complementario la habilitación viene dada por la previa titularidad de la autorización para tal clase de transporte.

El transporte internacional no liberalizado está sometido al régimen de autorización específica que, a su vez, puede ser bilateral o multilateral, según tengan su origen en un convenio con otro Estado o en las normas emanadas de organizaciones internacionales[3].

De la misma manera habrá de actuarse cuando el vehículo no tenga la nacionalidad española, ya que, en todo caso, deberá disponer de la autorización de transporte de su país y de la correspondiente autorización para el transporte internacional no liberalizado.

Y en cuanto a los cuadernos TIR, baste por el momento con saber que todo vehículo que realiza esta clase de transporte lleva un símbolo con esas letras en su exterior, debiendo disponer de la documentación oportuna respecto a la carga transportada en dicho régimen.

En resumen y por lo que se refiere a las autorizaciones, cuando en un accidente está implicado un vehículo de transporte de mercancías, no bastará con pedirle la documentación básica y más frecuente, deberemos poner especial cuidado en complementar la exigencia para disponer de la mayor cantidad de información acerca de todas las circunstancias relacionadas tantó con el propio vehículo, cuanto respecto a la propia actividad de transporte.

También ha de obtenerse información sobre la carga, y para ello hay que contar con la carta de porte o documento mercantil que pudiera llevar a bordo el vehículo y que permita conocer tanto la naturaleza de la mercancía como su origen, destino y peso. Si se trata de mercancías peligrosas hay que conseguir la carta de porte específica de esa clase de mercancía, en la que deberán constar las instrucciones en caso de accidente. A este respecto, la norma obliga a transportistas, usuarios y operadores de transporte a documentar cada envío "en el correspondiente albarán, carta de porte u otra documentación acreditativa, la cual deberá acompañar a las mercancías en su desplazamiento"[4]. Esta documentación es de libre edición, pudiendo tener el modelo,

---

que dicha Orden fue objeto de modificación por la de 26 de junio de 2001, por supuesto complementado todo ello con las previsiones en la materia de la LOTT y el ROTT.

[3] Las autorizaciones multilaterales pueden provenir del contingente CEMT (Conferencia Europea de Ministros de Transportes) o de la UE (Unión Europea).

[4] La ORDEN FOM/238/2003, de 31 de enero, por la que se establecen normas de control en relación con los transportes públicos de mercancías por carretera, establece, en su artículo único, que en la documentación obligatoria que debe acompañar a las mercancías, han de hacerse constar, como mínimo, los datos siguientes: Nombre, razón social y domicilio del cargador, de quien realice la expedición, cuando no sea el mismo cargador, del operador de transporte, en su caso, de la empresa transportista y del destinatario o consignatario del envío. Asimismo deberán constar los lugares de origen y destino, la fecha, la matrícula del vehículo o vehículos utilizados en el

© *ITES - Paraninfo*

formato y denominación, así como copias, que mejor convenga a las partes, sin embargo la libertad de forma no supone más que eso, ya que no disculpa de la obligación de contenido de los documentos, ni del deber de llevarlos al tiempo de la realización del transporte, ni de la obligación de conservación de una copia por parte del transportista, cargador y operador, en su caso[5].

Por otra parte habrá de tenerse en cuenta la naturaleza de la carga para poder adoptar las medidas necesarias, ya que puede tratarse de animales vivos, mercancías peligrosas, o mercancías perecederas, entre otras múltiples posibilidades, que exigirán una pronta intervención en el sentido que sea dependiendo de la carga concreta. El conocimiento de los agentes intervinientes y su sentido común seguramente les permitirán adoptar las medidas más oportunas, sin olvidar que en función de las lesiones que haya podido sufrir el conductor de un vehículo pesado, habrá de hacerse lo necesario para ponerlo en conocimiento de la empresa de quien dependa con el fin de producir el menor perjuicio posible en la carga transportada.

No olvidemos que en el caso de mercancías peligrosas además de las intervenciones necesarias para evitar daños a los bienes o personas, deberá hacerse un informe complementario, o anexo al informe técnico principal, en relación con las posibles consecuencias medioambientales, recogiendo también los datos de las propiedades afectadas y de sus titulares a los efectos indemnizatorios posteriores. En el caso de que el daño lo sufran propiedades públicas, deberá hacerse constar la Administración titular de las mismas.

Por lo que se refiere al transporte de viajeros, todo dependerá de la clase o tipo de vehículo implicado, así como de la clase de transporte, debiendo tenerse en cuenta que siempre que se trate de un transporte interurbano en autobús, éste deberá disponer de un Libro de Ruta y de un Libro u hojas de reclamaciones en algunos casos, así como del justificante de colaboración entre transportistas cuando se utilice dicha fórmula[6]. Si es un

---

transporte (si son vehículos articulados deben constar las matrículas de ambas partes del conjunto), la mención expresa al cambio de vehículo durante el transporte si se hubiera producido tal circunstancia, la naturaleza, peso y, en su caso, número de bultos (si el peso fuera de difícil determinación, habrá de buscarse y hacer constar otro tipo de magnitud).

[5] Están exentos de las obligaciones documentales relacionadas con la carga a las que nos referimos: Los transportes para los que no es preceptivo la previa obtención de una autorización; los transportes internacionales que se documenten en carta de porte ajustada al Convenio de 19 de mayo de 1956, relativo al Contrato de Transporte Internacional de Mercancías por Carretera (CMR), si bien en esto casos la obligación recae sobre este tipo concreto de contrato, tanto en lo que se refiere a llevarlo al tiempo del transporte como a su conservación posterior; transportes de mercancías peligrosas documentados en la carta de porte de esta clase de transporte; transportes de mudanzas, de basuras en vehículos especiales, y de reparto y recogida de mercancías en régimen de carga fraccionada.

[6] La ORDEN FOM/3398/2002, de 2 de diciembre, por la que se establecen normas de control en relación con los transportes públicos de viajeros por carretera, obliga a todos los autobuses que realicen transporte público interurbano de viajeros, nacional o internacional, a circular provistos del Libro de Ruta. Éste, de libre edición aunque con un tamaño y volumen mínimos establecidos en la norma, debe recoger, en la portada, la matrícula del vehículo y la denominación y domicilio

© ITES - Paraninfo

servicio público regular permanente de viajeros de uso general, habrá de tomarse nota de la concesión y de la hijuela, en su caso. Si se trata de un servicio público discrecional, bastará con la correspondiente autorización de transporte (además del permiso de circulación) que se complementará, dependiendo del caso concreto, con los datos necesarios acerca de la contratación del mismo (intermediarios, agencias de viajes, etc). Si se trata de un taxi, habrá de recabarse la correspondiente autorización. En suma y como regla general, hay que insistir en la necesidad de hacer constar todo lo que esté relacionado con las autorizaciones precisas para la realización de la actividad regulada por la legislación sectorial de transportes, sin olvidar los transportes sanitarios, el funerario, el de mercancías perecederas y demás clases previstas tanto en la LOTT como en los reglamentos que la desarrollan.

Si se trata de un transporte privado complementario, sea de mercancías o viajeros, deberemos comprobar que se cumplen los requisitos básicos para dicho transporte como son que los viajeros o las mercancías tengan su origen o destino en los establecimientos de la empresa o de los clientes que intervengan en el proceso comercial o se trate de desplazamientos entre puntos exteriores, siempre que sea para atender sus propias necesidades internas; si los vehículos son pesados tendrán que ser propiedad de la empresa para la que se realiza el transporte (admitiéndose el leasing y el arrendamiento en casos de averías de los vehículos de la empresa). Los vehículos tienen que ser conducidos por el titular de la empresa o por personas de él dependientes (este extremo se

---

de la empresa titular de la autorización que ampara la realización del transporte. El libro debe ser diligenciado, previamente a su uso, por la Administración competente para otorgar la autorización y la cumplimentación del libro corresponde al conductor, quien deberá hacer constar los datos que se indican en el artículo 2, sin que esté obligado a recoger los trayectos en vacío.

En cuanto al libro u hojas de reclamaciones, éstas o aquél deben llevarlos a bordo todos los vehículos que realicen transportes públicos regulares de viajeros, sean permanentes o temporales y de uso general o especial, así como todos los vehículos que realicen transportes públicos discrecionales de viajeros o se arrienden con conductor.

Complementariamente, téngase en cuenta que esta Orden modifica los distintivos externos de los vehículos, disponiendo la no aplicación de la Orden de 25 de octubre de 1990 sobre distintivos a los autobuses, salvo si éstos realizan transporte público regular de uso general, en cuyo caso se establece que deberán encontrarse identificados mientras realicen el servicio de que se trate mediante un rótulo, ubicado en la parte frontal y legible desde el exterior, en el que se indique el nombre o anagrama de la empresa concesionaria, las letras y número asignados por la Administración para identificar la concesión de que se trate y el origen y destino de la expedición que ese vehículo realiza. En relación con la misma clase de transporte, se obliga a las empresas a llevar un registro de los servicios que realicen. De la misma forma que es obligatorio llevar en el vehículo un justificante expedido, sellado y firmado por la empresa titular de una concesión o autorización de transporte público regular de viajeros de uso general o especial, en el que se indique el servicio o servicios concretos para los que se ha contratado la colaboración de otro transportista, con arreglo al modelo oficial que figura como anexo III de la Orden, así como, en su caso, copia de la autorización de transporte regular de uso especial.

También se obliga a facilitar a los viajeros información sobre seguridad, en los transportes regulares y discrecionales en autobús.

© ITES - Paraninfo

justificará mediante el contrato laboral y la afiliación a la Seguridad Social, salvo en el caso de autónomos en el que podrá bastar con justificar la relación de parentesco y convivencia con el titular). Además, en el caso de transporte privado complementario de viajeros, éstos deben ser trabajadores o asalariados de los respectivos centros de trabajo o personas que asistan a los mismos (socios, beneficiarios o contratantes de servicios objeto de la empresa), pudiendo darse el caso de que los viajeros deban abonar el precio de transporte, en cuyo caso dicho pago habrá tenido que ser autorizado por la Administración, quien fijará el precio máximo aplicable, sin que pueda exceder del coste estricto del transporte, ni pudiendo la empresa obtener beneficio alguno por este concepto[7].

Otra parte importante de la documentación a recabar e incorporar en la toma de datos es la relativa a los seguros, tanto del vehículo como de las cargas o pasajeros transportados.

Del seguro del vehículo deben obtenerse los datos relativos a la clase de póliza, número de póliza, período de vigencia,..., con mención de los riesgos cubiertos, la entidad aseguradora, el tomador y el conductor habitual, salvo que sea la misma persona que el tomador y éste fuera, a su vez, quien conducía el vehículo. Si lo que se presenta es una propuesta de seguro, además de anotar la fecha de la misma, deberá contrastarse con la aseguradora la existencia del propio seguro y las fechas.

Cuando no se presenta en el momento el seguro y, más tarde, el conductor presenta una propuesta cuya fecha es anterior a la del accidente, deben obtenerse las copias de las propuestas anterior y posterior a la presentada, ya que de esta forma podrá saberse si se ha producido una pre-datación del documento en connivencia con el agente de seguros, práctica no habitual pero tampoco infrecuente, encubriendo así una circulación sin seguro.

En el caso de transportes de mercancías, deberán tomarse los datos relativos al posible aseguramiento de la carga transportada, aunque ciertamente no existe obligación legal de suscribir tal seguro, lo que no impide que cargador, remitente, consignatario, destinatario, etc., puedan decidir dicho aseguramiento. Se trata pues de un dato sobre el que habrá de indagarse su existencia y en caso afirmativo recoger la información relativa a la aseguradora y a la persona que suscribió el contrato, así como la cobertura del mismo.

Cuando se trata de viajeros, resulta de aplicación la norma reguladora del seguro obligatorio de viajeros, por lo que en tal sentido ningún dato es necesario al tratarse de obligaciones impuestas al transportista por la normativa sectorial.

En todo caso, debe solicitarse a la entidad aseguradora información acerca de la existencia anterior de otros accidentes respecto a la misma póliza y persona implicada. Aunque esta clase de información no tenga, en principio, especial virtualidad, en el momento de investigar el accidente puede servir para analizar supuestos de fraude en el seguro cuando entre las circunstancias del accidente existe alguna que puede ser

---

[7] Téngase en cuenta que existen unas excepciones, en lo que a exigencias se refiere, en materia de transporte privado complementario. Dichas excepciones son: Los transportes de viajeros en vehículos de turismo; los de mercancías en vehículos de hasta 2 Tm de MMA; y los de mercancías en vehículos ligeros arrendados por plazo no superior a 1 mes.

© *ITES - Paraninfo*

considerada como "típica" o habitual de intento de alteración de la realidad en beneficio propio o de terceros y, en todo caso, en perjuicio de la aseguradora. Son sobradamente conocidos que la edad, el accidente en solitario o sin testigos aparentes, el lugar de la vía y la forma en que se produjo, el tipo de daños cubiertos por la póliza, etc., se consideran indicativos de posibles situaciones en las que la persona puede considerar el alterar la realidad para eludir su responsabilidad económica, algo que, a su vez, dificultará la tarea del investigador llegado su momento. De ahí la conveniencia de incorporar en la toma de datos la clase de información mencionada.

A la vista de lo expuesto hasta el momento en relación con la documentación de los vehículos, confiamos en que haya quedado clara la complejidad que puede presentarse en algunas ocasiones, por lo que cuando tal circunstancia se produzca habrán de extremarse las precauciones y la diligencia.

3.1.1 LA TARJETA ITV

La tarjeta ITV, en la mayor parte de los vehículos suele estar expedida por el fabricante del vehículo, que certifica las características técnicas del vehículo, una vez que ha obtenido la Homologación y la correspondiente contraseña. Los detalles completos de la homologación aparecen en el Real Decreto 2140/85. Existen varios modelos de tarjetas ITV, según la homologación obtenida por el vehículo. En la tabla 3.1 se indican el conjunto de datos, a tomar de la tarjeta ITV de un vehículo, que definen las condiciones técnicas en las que está autorizado a circular.

Tabla 3.1 Datos tomados de la tarjeta ITV

Número de identificación:			Matrícula III-XXXX
Clasificación del vehículo:			
Marca		Clase según R.36	
Tipo		Altura total (mm)	
Variante		Anchura total (mm)	
Denominación Comercial		Vía anterior/posterior (mm)	
Tara (kg)		Longitud total (mm)	
MTMA/MMA (kg)		Voladizo posterior (mm)	
MTMA/MMA 1er Eje (kg)		Distancia eje 1º/2º (m)	
MTMA/MMA 2º Eje (kg)		Distancia eje 2º/3º (m)	
MTMA/MMA 3er Eje (kg)		Distancia eje 3º/4º (m)	
MTMA/MMA 4º Eje (kg)		Distancia 5º rda/ult. (mm)	
MMR S/F C/F (kg)		Motor: Marca	
Nº y dim. Neumáticos		Tipo	
Nº de asientos		Nº Cilindros/Cilindrada (cm^3)	
Volumen de bodegas		Potencia fiscal/real (CVF/kW)	
Observaciones y reformas autorizadas:			

© ITES - Paraninfo

Los datos de la tarjeta ITV se pueden comprobar con la placa del fabricante. De forma complementaria hay que tomar otros datos de cada uno de los vehículos implicados en el accidente, como son:

- ✓ Color
- ✓ Número de ocupantes (niños, adultos), situación en el vehículo
- ✓ Fecha de matriculación
- ✓ Kilometraje total y parcial
- ✓ Fecha última revisión ITV
- ✓ Estado general
- ✓ Datos del titular (Permiso de circulación del vehículo)

3.1.2 VIN - NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN

Un vehículo se define biunívocamente por su número de identificación o VIN. La norma UNE 26-313-1 define:

Número de identificación de un vehículo (VIN): Combinación estructurada de caracteres, atribuida a un vehículo por su fabricante con fines de identificación. El (VIN) lo constituyen tres secciones: la primera es el código de identificación mundial del fabricante (WMI), la segunda es el descriptor del modelo del vehículo (VDS) y la última es el indicador (VIS).

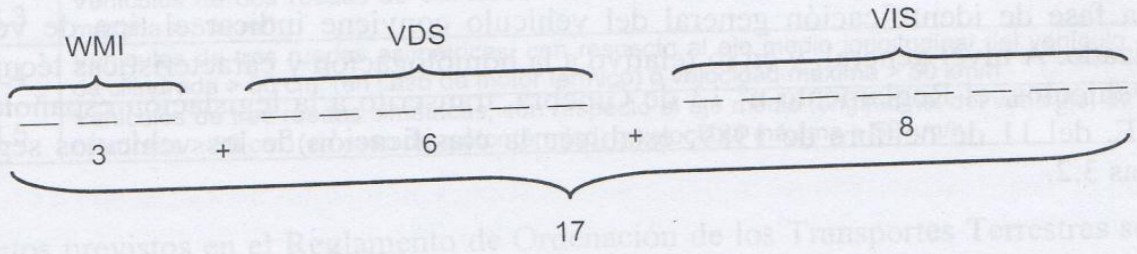


Figura 3.1 Número de identificación del vehículo (VIN)

Código de identificación mundial del fabricante (WMI): Primera sección del (VIN) identifica al fabricante del vehículo. Este código se asigna a un fabricante de vehículos para su identificación como fabricante. Cuando es utilizado conjuntamente con las otras secciones del (VIN), el (WMI) garantiza la unicidad del (VIN) sobre todos los vehículos en el mundo durante 30 años. Consiste en tres caracteres que, en principio, son atribuidos por un organismo distinto del fabricante.

Descriptor del modelo del vehículo (VDS): Este código constituye la segunda sección del (VIN). Da información sobre las características generales del vehículo.

© ITES - Paraninfo

Debe estar constituida por seis caracteres. La significación de la secuencia de los caracteres de esta sección es determinada por el fabricante.

Indicador (VIS): Este código constituye la última sección del VIN, es una combinación de caracteres atribuidos por el fabricante para distinguir un vehículo de otro. En unión con el descriptor del modelo del vehículo (VDS), garantiza la unicidad de la designación del conjunto de vehículos producido por el fabricante considerado, durante un período de 30 años. Consiste en ocho caracteres y los cuatro últimos son obligatoriamente numéricos.

Se entiende por:

Fabricante: Persona física o jurídica, bajo cuya responsabilidad se monta un vehículo para constituir una unidad en condiciones de ser puesta en servicio. El fabricante es responsable de la unicidad del (VIN).

Separación: Símbolo, carácter o borde material que puede ser utilizado para separar las secciones del (VIN), unas de las otras, o bien para definir los límites (principio y fin) del (VIN). Las separaciones no deben poder confundirse con las cifras árabes o letras latinas.

Código de identificación mundial de fabricantes de componentes (WPMI) (según UNE·26500:2003): Código asignado a un fabricante de componentes, que permite su identificación unívoca en el mundo entero durante un período mínimo de 30 años.

3.1.3 TIPOS DE VEHÍCULOS

En la fase de identificación general del vehículo conviene indicar el tipo de vehículo analizado. A nivel general, y en lo relativo a la homologación y características técnicas de los vehículos, el Reglamento nº 13 de Ginebra, transcrito a la legislación española en el B.O.E. del 11 de octubre de 1989, establece la clasificación de los vehículos según las Tablas 3.2.

Tabla 3.2a Clasificación de los vehículos – Categoría M

Categoría M	**Vehículos de motor destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas**
Categoría M1	Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas como máximo.
Categoría M2	Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas y cuya masa máxima no supere las 5 toneladas.
Categoría M3	Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas y cuya masa máxima supere las 5 toneladas.

© *ITES - Paraninfo*

Tabla 3.2b Clasificación de los vehículos – Categoría N

Categoría N	**Vehículos de motor destinados al transporte de mercancías que tengan por lo menos cuatro ruedas.**
Categoría N1	Vehículos destinados al transporte de mercancías con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas.
Categoría N2	Vehículos destinados al transporte de mercancías y con una masa máxima superior a 3,5 toneladas pero inferior a 12 toneladas.
Categoría N3	Vehículos destinados al transporte de mercancías y con una masa máxima superior a 12 toneladas.

Tabla 3.2c Clasificación de los vehículos – Categoría O

Categoría O	**Remolques (incluidos los semirremolques).**
Categoría O1	Remolques cuya masa máxima sea inferior a 0,75 toneladas.
Categoría O2	Remolques con una masa máxima superior a 0,75 toneladas pero inferior a 3,5 toneladas.
Categoría O3	Remolques con una masa máxima superior a 3,5 toneladas pero inferior a 10 toneladas.
Categoría O4	Remolques con una masa máxima superior a 10 toneladas.

Tabla 3.2d Clasificación de los vehículos – Categoría L

Categoría L	**Vehículos a motor con menos de cuatro ruedas**
Categoría L1	Vehículos de dos ruedas de cilindrada ≤ 50 cm^3 (en caso de motor térmico) y velocidad máxima ≤ 50 km/h
Categoría L2	Vehículos de tres ruedas de cilindrada ≤ 50 cm^3 (en caso de motor térmico) y velocidad máxima ≤ 50 km/h
Categoría L3	Vehículos de dos ruedas de cilindrada > 50 cm^3 (en caso de motor térmico) o velocidad máxima > 50 km/h
Categoría L4	Vehículos de tres ruedas asimétricas, con respecto al eje medio longitudinal del vehículo, de cilindrada > 50 cm^3 (en caso de motor térmico) o velocidad máxima > 50 km/h
Categoría L5	Vehículos de tres ruedas simétricas, con respecto al eje medio longitudinal del vehículo, de cilindrada > 50 cm^3 (en caso de motor térmico) o velocidad máxima > 50 km/h

A los efectos previstos en el Reglamento de Ordenación de los Transportes Terrestres se entenderá por:

Vehículo ligero: Vehículo automóvil especialmente acondicionado para el transporte de mercancías cuyo peso máximo autorizado no exceda de 6 toneladas, o que, aun sobrepasando dicho peso tenga una capacidad de carga útil no superior a 3,5 toneladas.

Vehículo pesado: Vehículo automóvil especialmente acondicionado para el transporte de mercancías, cuyo peso máximo autorizado sea superior a 6 toneladas y cuya capacidad de carga exceda de 3,5 toneladas. Las cabezas tractoras tendrán la consideración de vehículos pesados cuando tengan una capacidad de arrastre de más de 3,5 toneladas de carga.

© ITES - Paraninfo

Tabla 3.2e Clasificación de los vehículos – Categoría Le, según directiva 2002/24/CE

Categoría Le	**Vehículos de motor de dos o tres ruedas, gemelas o no, y cuadriciclos, destinados a circular por carretera, así como sus componentes o unidades técnicas** Directiva 2002/24/CE: fecha de aplicación para nuevos tipos el 09.11.2003 y para nueva matrícula el 09.11.2004
Categoría L1e	Ciclomotores: vehículos de dos ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm^3 (combustión interna) o potencia continua nominal máxima inferior o igual a 4 kW (motores eléctricos)
Categoría L2e	Vehículos de tres ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm^3 (motores de encendido por chispa positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW (demás motores de combustión interna o motores eléctricos)
Categoría L3e	Motocicletas: Vehículos de dos ruedas sin sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm^3 y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
Categoría L4e	Vehículos de dos ruedas con sidecar con un motor de cilindrada superior a 50 cm^3 y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
Categoría L5e	Vehículos de tres ruedas simétricas con un motor de cilindrada superior a 50 cm^3 y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.
Categoría L6e	Cuadriciclos ligeros cuya masa en vacío sea inferior o igual a 350 kg, no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, cuya velocidad máxima por construcción sea inferior o igual a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm^3 (motores de encendido por chispa positiva) o potencia máxima inferior o igual a 4 kW (demás motores de combustión interna o motores eléctricos)
Categoría L7e	Cuadriciclos cuya masa en vacío sea inferior o igual a 400 kg (550 kg para vehículos destinados al transporte de mercancías), no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y potencia máxima inferior o igual a 15 kW

CICLOS

Son, esencialmente, los ciclomotores y bicicletas, aunque, a efectos de la presente clasificación, se incluirán también las motocicletas, y su influencia en los accidentes, sobre todo en los urbanos suele ser considerable. Las definiciones exactas de cada tipo de vehículo se pueden encontrar en el RD-Legislativo 339/1990 de 2 de marzo, por el que se aprueba el Texto Articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial y en el RD 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. En general se distingue entre:

- Ciclo
- Bicicleta:
  - Bicicleta con pedaleo asistido
- Ciclomotor:
  - Ciclomotor de dos ruedas
  - Ciclomotor de tres ruedas
- Motocicleta:
  - Motocicletas de dos ruedas
  - Motocicletas con sidecar

© ITES - Paraninfo

LIGEROS

Pertenecen a este grupo los vehículos de cuatro ruedas destinados al transporte de un número limitado de personas (generalmente de dos a nueve y con más frecuencia de cuatro a seis), o de mercancías ligeras. Generalmente se los denomina como coches, automóviles o vehículos tipo turismo. También pueden considerarse como incluidos en este grupo los vehículos destinados al transporte y reparto de mercancías no muy voluminosas, como son las camionetas y pequeños furgones. Entre estos vehículos cabe citar, a modo de ejemplo:

- Vehículo de tres ruedas
- Cuatriciclos ligeros
- Cuatriciclo
- Turismo
- Furgón/furgoneta
- Derivado de turismo
- Vehículo mixto adaptable
- Caravana
- Autocaravana
- Vehículos todo terreno

PESADOS

A este grupo pertenecen los camiones, vehículos articulados, camiones con remolque y con semirremolque, así como los autobuses. Menor importancia suelen tener los tranvías y trolebuses, aunque en algunas zonas urbanas son objeto de atención preferente.

- Autobús o autocar
- Autobús o autocar articulado
- Autobús o autocar de dos pisos
- Camión
- Tractocamión
- Remolque
- Remolque con eje central
- Remolque de enganche o remolque completo
- Semirremolque
- Vehículo articulado: tractocamión + semirremolque
- Tren de carretera: vehículo rígido + remolque
- Vehículo acondicionado

ESPECIALES

En este grupo se incluyen vehículos que pueden afectar sensiblemente al tráfico a causa de sus grandes dimensiones, de su lentitud de movimiento o de ambas cosas a la vez. Entre los diferentes tipos de vehículos especiales se encuentran los tractores agrícolas con

© ITES - Paraninfo

o sin remolque, los vehículos de transporte especial por dimensiones o pesos, la maquinaria de obras públicas e incluso los carros y carretas de tracción animal.

En general, las vías públicas no se dimensionan para ser utilizadas normalmente por los vehículos especiales de gran peso o volumen, los cuales han de adaptar sus itinerarios a aquellas vías que puedan soportar su paso. Sin embargo, en determinadas vías generalmente de acceso a ciertas zonas industriales puede ser conveniente tener en cuenta el paso de vehículos especialmente pesados o voluminosos.

3.1.4 METODOLOGÍA

En la fase de la toma de datos habrá que recopilar la documentación de todos los vehículos implicados. Se realizará una copia (fotocopia, fotografía,...) de todos los documentos obtenidos. Mediante inspección visual del vehículo se comprobará:

- ✓ Coincidencia del vehículo con lo indicado en la documentación, en particular lo referente a las condiciones técnicas.
- ✓ El número de identificación en el vehículo, localizando la zona donde debe estar troquelado, teniendo en cuenta posibles defectos relacionados con el número de identificación del vehículo, como son:
  - Inexistencia
  - Ilegible
  - Presuntamente manipulado
  - No coincide con el que figura en la documentación
- ✓ Las placas de matrícula, teniendo en cuenta posibles defectos como son:
  - Nº de placas no reglamentario
  - Defectos de estado - legibilidad
  - Ocultación total o parcial de la placa de matrícula
  - Placas no reglamentarias
  - Emplazamiento no reglamentario
  - Placas con adornos, signos o caracteres no reglamentarios
  - Fijación defectuosa - riesgo de desprendimiento
  - No coincidencia con el número que figura en la documentación

Equipamiento necesario:

- ✓ Sistema para copiar la documentación del vehículo (fotocopiadora, escáner, cámara de fotos,...)
- ✓ Lápiz blando o similar y papeles o soportes adecuados para obtener facsímil del número de identificación troquelado
- ✓ Sistema de registro gráfico de aspectos generales (fotografía, vídeo filmación,...)
- ✓ Fichas para toma de datos

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Identificación general del vehículo

Número de identificación:			Matrícula
Clasificación del vehículo:			
Marca		Clase según R.36	
Tipo		Altura total (mm)	
Variante		Anchura total (mm)	
Denominación Comercial		Vía anterior/posterior (mm)	
Tara (kg)		Longitud total (mm)	
MTMA/MMA (kg)		Voladizo posterior (mm)	
MTMA/MMA 1er Eje (kg)		Distancia eje 1º/2º (m)	
MTMA/MMA 2º Eje (kg)		Distancia eje 2º/3º (m)	
MTMA/MMA 3er Eje (kg)		Distancia eje 3º/4º (m)	
MTMA/MMA 4º Eje (kg)		Distancia 5º rda/ult. (mm)	
MMR S/F C/F (kg)		Motor: Marca	
Nº y dim. Neumáticos		Tipo	
Nº de asientos		Nº Cilindros/Cilindrada (cm^3)	
Volumen de bodegas		Potencia fiscal/real (CVF/kW)	

Observaciones y reformas autorizadas:

Color:			
Ocupantes	Niños		
	Adultos		
Fecha matriculación:			
Inspección técnica	En vigor / Caducada	Fecha última ITV	
Kilometraje	Total		
	Parcial		
Indicación velocímetro:			
Posición palanca de cambios:			
Tacógrafo	Obligatorio SI / NO	Otros	

	Titular	Conductor/a
Nombre y apellidos / Razón social		
DNI		
Domicilio		
Localidad		
Teléfono de contacto		

Compañía aseguradora:
Póliza número:
Validez hasta:
Condiciones particulares o especiales:

Figura 3.2 Ficha para la toma de datos general de un vehículo

© *ITES - Paraninfo*

3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES

A la hora de tomar los datos relativos a los vehículos implicados hay que indicar aspectos generales, previos al análisis detallado, como son:

- Condiciones en las que está autorizado a circular, que vendrán indicadas en la tarjeta ITV y permiso de circulación
- Condiciones en las que está circulando, donde se prestará especial atención a aspectos tales como:
  - ✓ Cargas transportadas, posición y estiba
  - ✓ Pasajeros, indicando sus características generales, como son peso, posición en el interior del vehículo, etc.
  - ✓ Reformas de importancia realizadas

3.2.1 SISTEMA DE REFERENCIA DEL VEHÍCULO

Los movimientos del vehículo se definirán respecto a un sistema de referencia cartesiano orientado a derechas. De forma general se suele definir este sistema de referencia con origen en el centro de gravedad del vehículo y se moverá solidario con él. El eje X tendrá la dirección longitudinal del vehículo y sentido positivo coincidiendo con el de avance. El eje Z tendrá la dirección perpendicular a la calzada y sentido hacia abajo. El eje Y será de tal forma que los tres formen un triedro directo como se indica en la figura 3.3.

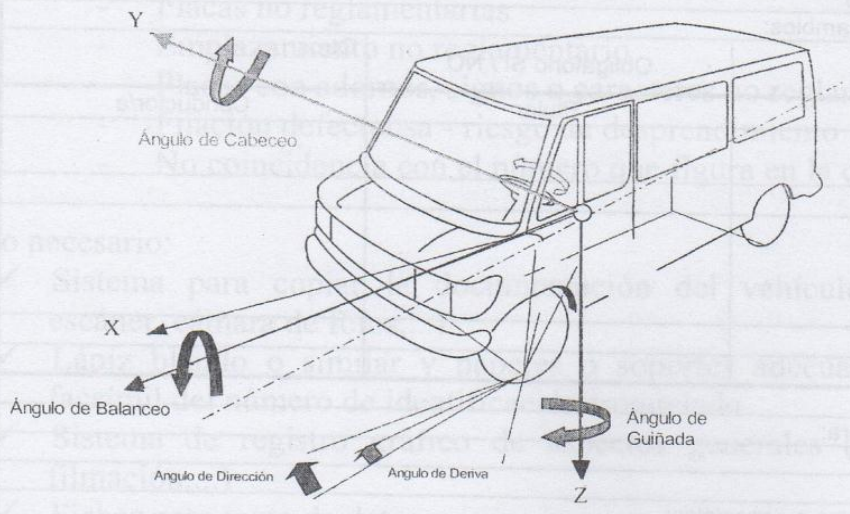


Figura 3.3 Sistema de referencia de un vehículo

© *ITES - Paraninfo*

Tabla 3.3 Parámetros principales del Sistema de Referencia

SISTEMA DE REFERENCIA		DESPLAZAMIENTO		ANGULO	
O	Centro de Gravedad.				
OX	Contenido en el plano longitudinal que contiene a O y es perpendicular a plano de rodadura.	X	Longitudinal	ϕ	Balanceo
OZ	Perpendicular al plano de rodadura.	Z	Vertical	ψ	Guiñada
OY	Forma con los anteriores un triedro orientado a derechas.	Y	Lateral	θ	Cabeceo

3.2.2 ANÁLISIS DE LAS CARGAS

En la toma de datos es importante caracterizar la carga que llevaba cada vehículo, su posición, estiba y su influencia en el desarrollo del accidente. Aun cuando la carga no haya constituido una causa del accidente, el conocimiento de su repercusión en cada una de las ruedas y en el conjunto del vehículo permite obtener parámetros necesarios para una investigación como son las características másicas e inerciales relativas a cada vehículo:

- ✓ Masa total
- ✓ Masa estáticas en cada uno de los ejes
- ✓ Masa estáticas en cada una de las ruedas
- ✓ Momentos de inercia del vehículo respecto a los ejes principales (X, Y y Z)
- ✓ Posición (x, y, z) del centro de gravedad del vehículo
- ✓ Cargas y ocupantes en el momento del accidente y sus posibles modificaciones en el desarrollo del accidente

CARGAS POR EJE Y TOTAL

A los efectos previstos en el Reglamento de Ordenación de los Transportes Terrestres (ROTT) se entenderá por:

Transportes de cargas fraccionadas: Son aquellos transportes de mercancías para cuya realización resultan precisas actividades previas o complementarias inherentes al carácter fragmentario de las mercancías, tales como las de manipulación, almacenamiento, grupaje, clasificación, embalaje o distribución por parte del transportista.

Transportes de cargas completas: Son aquellos transportes de mercancías para cuya realización, desde la recepción de la carga hasta su entrega o destino, no se precisan otras intervenciones u operaciones complementarias del tipo de las expresadas en el punto anterior.

© ITES - Paraninfo

Tras un primer análisis hay que comprobar que los vehículos implicados circulaban dentro de los rangos permitidos de masas por eje y totales. Para ello se evalúan las diversas cargas del vehículo y se comprueban con las masas máximas autorizadas (total y por eje) y con los mínimos técnica y legalmente permitidos. La evaluación de las cargas puede ser:

- ✓ Empírica: pesando el vehículo por rueda con todas las cargas, ocupantes y elementos que llevaba en la situación de carretera antes del accidente. Esto únicamente será posible si lo permite el estado del vehículo después del accidente, como puede ser en el caso de un atropello.
- ✓ Pesado de la tara y adición de la repercusión de las masas de cargas y/o ocupantes mediante cálculos. Es menos exacta que la anterior, pero aplicable en el caso de no disponer de todos los elementos y personas para la toma de datos.
- ✓ Cálculo de peso por eje, estimando la tara y las cargas y ocupantes en función de las posiciones ocupadas durante el accidente. Es menos exacta, se puede partir de la tara indicada en la tarjeta ITV, repartiendo los pesos en vacío según indicaciones del fabricante, ficha de homologación o por pesaje de otro vehículo análogo. En este caso hay que evaluar todos los aspectos del vehículo, como es el llenado del depósito de combustible, líquidos lubricantes, posibles reformas...

La expresión general de la repercusión de una carga Q, situada a una distancia d del eje delantero será:

$$Q_d = Q \cdot \frac{B-d}{B} \qquad Q_t = Q \cdot \frac{d}{B}$$

Donde: Q_d: Efecto de la carga Q sobre el eje delantero
Q_t: Efecto de la carga Q sobre el eje trasero

Tabla 3.4 Resumen de cargas y su repercusión en los ejes

Carga Denominación	Carga (kg)	Situación respecto eje1° (m)	Eje delantero (kg)	Eje trasero (kg)
Tara (Peso en vacío)				
Conductor y acompañante				
Pasajeros atrás				
Maletero				
Remolque				
.....				
TOTAL		-		
	Total	-	Eje 1°	Eje 2°
MMA		-		

© ITES - Paraninfo

El peso de los ocupantes será el correspondiente a las personas implicadas en el accidente. En caso de no disponer de esos datos, el peso genérico de un ocupante adulto suele tomarse como 75 kg, pero esto no es más que una aproximación que no tiene porqué ser exacta. La distancia respecto al eje delantero a la cual se debe considerar aplicado el peso de cada ocupante (x_1 o x_2) depende de la posición del respaldo del asiento en el que estuviese sentado. Midiendo la posición del respaldo respecto al eje delantero en el vehículo a analizar, se considerará que el peso del ocupante se aplica a esa longitud menos 150 mm, es decir, 150 mm por delante del respaldo correspondiente.

Tanto si se pesa el vehículo, como si se realizan cálculos para determinar la repercusión de las cargas sobre los ejes, es importante adjuntar una tabla resumen de todos los aspectos considerados y un gráfico acotado identificativo del vehículo.

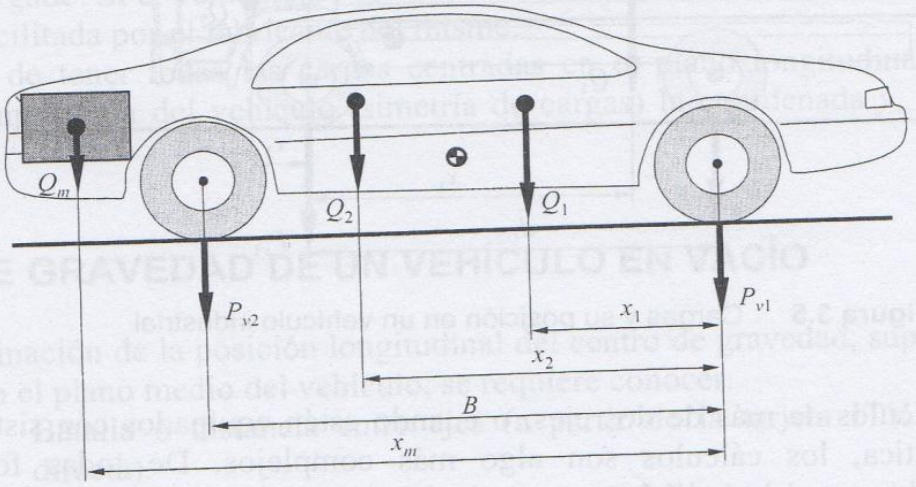


Figura 3.4 Cargas y su posición en un turismo

Tabla 3.5 Cargas por eje en un vehículo industrial de dos ejes

Carga	Situación	Eje delantero	Eje trasero
Tara		P_{v1}	P_{v2}
Q_1 (Caja)	$x_1 = d_{1c} + 0.5 * L_c$	$Q_{d1} = Q_1 \cdot \frac{d_{1-2} - x_1}{d_{1-2}}$	$Q_{t1} = Q_1 \cdot \frac{x_1}{d_{1-2}}$
Q_2 (2 Pasajeros)	x_2	$Q_{d2} = 2 \cdot 75 \cdot \frac{d_{1-2} - x_2}{d_{1-2}}$	$Q_{t2} = 2 \cdot 75 \cdot \frac{x_2}{d_{1-2}}$
TOTAL		$R_1 = P_{v1} + Q_{d1} + Q_{d2}$	$R_2 = P_{v2} + Q_{t1} + Q_{t2}$

Por ejemplo, en el caso de un vehículo industrial de dos ejes, como el representado en la figura 3.5, con una distancia entre ejes de valor $d_{1\text{-}2}$ (también denominada batalla), y una fila de asientos de dos plazas, (con puntos efectivos de aplicación de los pesos a distancias x_2 desde el primer eje) y un peso en vacío (tara) P_{v1} y P_{v2} (eje anterior / eje

© ITES - Paraninfo

posterior) y se ha comprobado que presenta una carga uniformemente distribuida en la caja, de longitud L_c, cuyo testero se sitúa a una distancia d_{1c} por detrás del eje delantero, las cargas reales en los ejes pueden determinarse analíticamente. El reparto final de cargas, según el esquema de la figura 3.5, se resume en la tabla 3.5.

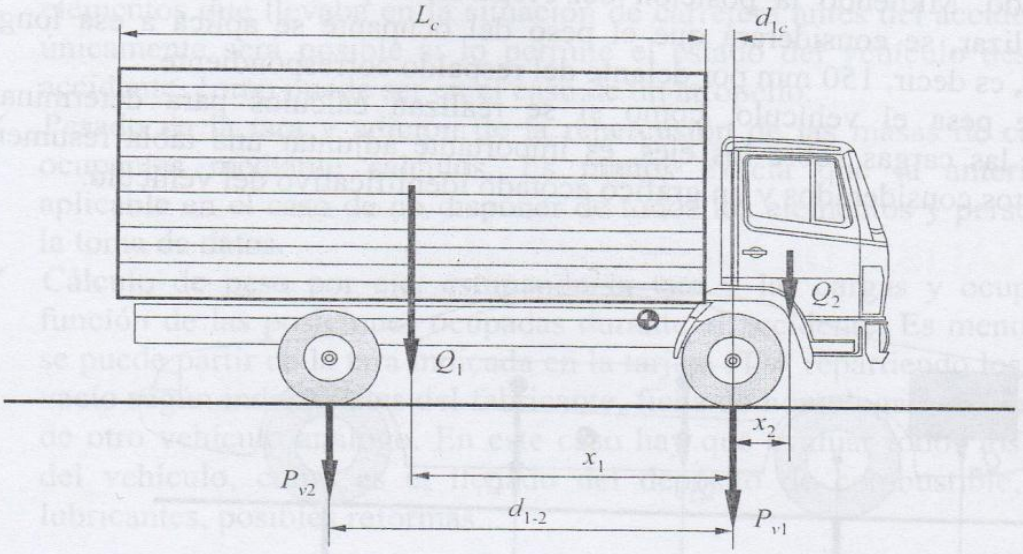


Figura 3.5 Cargas y su posición en un vehículo industrial

En el caso de vehículos de más de dos ejes, o cuando estén equipados con sistemas de suspensión neumática, los cálculos son algo más complejos. De todas formas el procedimiento pasa por el análisis y caracterización del sistema de suspensión incorporado. Estos aspectos serán comentados posteriormente al detallar la suspensión de los vehículos industriales.

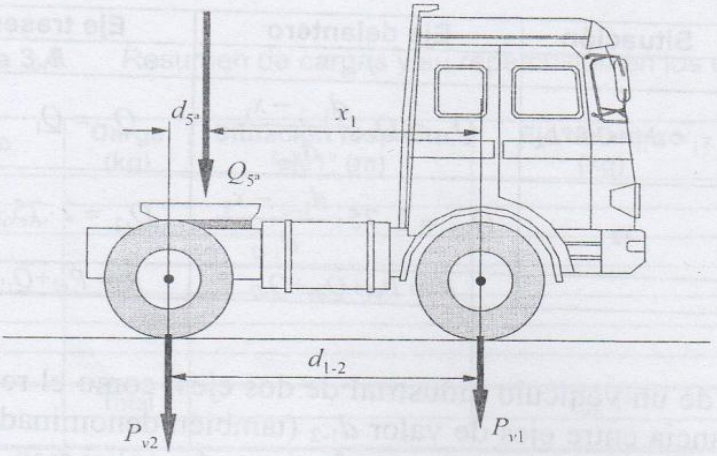


Figura 3.6 Estado de carga de un tractocamión

© *ITES - Paraninfo*

Un caso especial de carga en un vehículo industrial es la repercusión de la carga procedente de un dispositivo para remolcar denominado 5ª rueda que está presente en vehículos tipo tractocamión, sobre el que apoya un semirremolque.

3.2.3 CENTRO DE GRAVEDAD

El posicionamiento del centro de gravedad de un vehículo es fundamental para un análisis de su comportamiento dinámico en un accidente. Para el cálculo analítico del centro de gravedad es preciso conocer la posición exacta de las diversas cargas presentes en el vehículo. En caso contrario se deberá recurrir a métodos experimentales. El peso en vacío del vehículo se tomará como otra carga puntual situada en el centro de gravedad del vehículo descargado. Si el vehículo no ha sido reformado, puede aceptarse como válida la información facilitada por el fabricante del mismo.

En el caso de tener todas las cargas centradas en el plano longitudinal medio del vehículo o composición del vehículo (simetría de cargas) la coordenada y, será tomada como nula.

CENTRO DE GRAVEDAD DE UN VEHÍCULO EN VACÍO

Para la determinación de la posición longitudinal del centro de gravedad, suponiendo que se encuentra en el plano medio del vehículo, se requiere conocer:

- Batalla o distancia entre ejes (a partir de la tarjeta ITV o medición directa).
- Peso del eje delantero (a partir de datos del vehículo o medición directa en báscula).
- Peso del eje trasero (a partir de datos del vehículo o medición directa en báscula).

Es decir, los datos son: B, P_{v1}, P_{v2}, mientras que las incógnitas son las distancias del centro de gravedad a los dos ejes (anterior y posterior) en proyección horizontal, l_1 , l_2. Si se conocen los pesos reales del vehículo (mediante pesaje en báscula), se tiene:

$$P_v = P_{v1} + P_{v2}$$

Respecto a las longitudes, se sabe que:

$$Batalla = B = l_1 + l_2$$

Tomando momentos respecto al eje delantero, se obtiene la expresión:

$$l_1 \cdot P_v = B \cdot P_{v2}$$

© ITES - Paraninfo

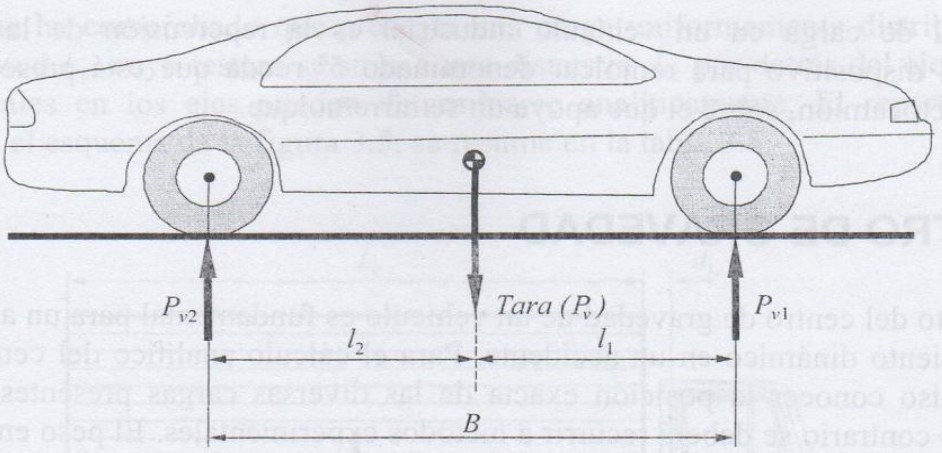


Figura 3.7 Esquema para la determinación de la posición longitudinal del centro de gravedad de un vehículo

De donde se puede despejar la distancia horizontal del primer eje al centro de gravedad:

$$l_1 = \frac{B \cdot P_{v2}}{P_v}$$

La distancia desde el eje posterior al centro de gravedad, vendrá dada por la expresión:

$$l_2 = B - l_1$$

Para la determinación de la posición del centro de gravedad en el plano horizontal (figura 3.8), es decir en coordenadas (x, y), suponiendo que, en un caso general no se encuentra en el plano medio del vehículo, se requiere conocer:

- Batalla o distancia entre ejes (a partir de la tarjeta ITV o medición directa) (B).
- Anchos de vía o distancia entre planos medios de ruedas del mismo eje (a partir de la tarjeta ITV o medición directa) (Av_d, Av_t).
- Peso de cada rueda (a partir de datos del vehículo o medición directa en báscula) (P_{1i}, P_{1d}, P_{2i}, P_{2d}).

Se aplicarán las fórmulas generales de determinación del centro de gravedad, considerando que las cargas a las que está sometido el vehículo son los pesos o cargas que gravitan sobre cada rueda. Se tomará como centro del sistema de referencia, el centro del eje delantero. El eje X se tomará como positivo hacia la parte trasera del vehículo, y el eje Y, será positivo hacia la derecha. Las coordenadas del centro de gravedad del vehículo serán:

© ITES - Paraninfo

$$x_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot x_i}{\sum_i Q_i} \rightarrow x_{cdg} = \frac{P_{1i} \cdot 0 + P_{1d} \cdot 0 - P_{2i} \cdot B + P_{2d} \cdot B}{P_{1i} + P_{1d} + P_{2i} + P_{2d}} = B \cdot \frac{P_{2i} + P_{2d}}{P}$$

$$y_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot y_i}{\sum_i Q_i} \rightarrow y_{cdg} = \frac{-0{,}5 \cdot P_{1i} \cdot Av_d + 0{,}5 \cdot P_{1d} \cdot Av_d - 0{,}5 \cdot P_{2i} \cdot Av_t + 0{,}5 \cdot P_{2d} \cdot Av_t}{P}$$

Tabla 3.6 Pesos y posiciones de cada rueda

	Peso (kg)	x (m)	y (m)
Rueda delantera izquierda	P_{1i}	0	$-0{,}5 \cdot Av_d$
Rueda delantera derecha	P_{1d}	0	$0{,}5 \cdot Av_d$
Rueda trasera izquierda	P_{2i}	B	$-0{,}5 \cdot Av_t$
Rueda trasera derecha	P_{2d}	B	$0{,}5 \cdot Av_t$

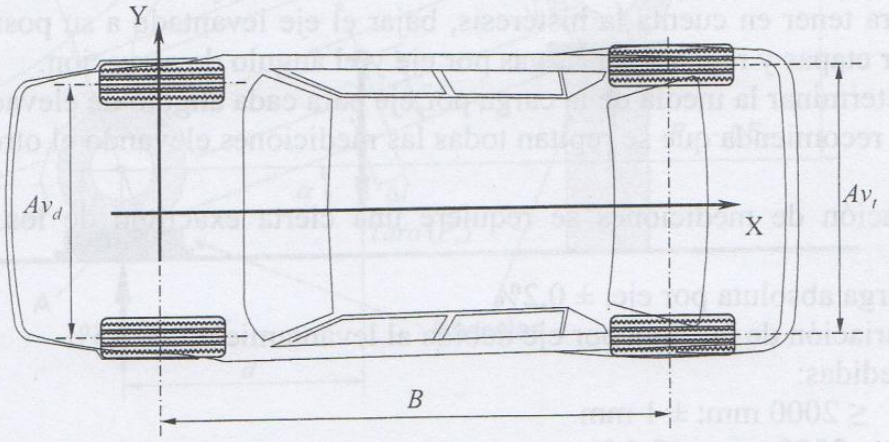


Figura 3.8 Esquema para la determinación de la posición en planta (proyección horizontal) del centro de gravedad de un vehículo

Para la determinación de la altura del centro de gravedad de un vehículo existen diversas posibilidades, siendo la más sencilla y económica, aunque no por ello la más exacta, la utilización de una combinación de básculas por eje y un sistema de elevación, como el mostrado en la figura 3.9. Se supone que se conoce, o se ha obtenido previamente:

- La batalla del vehículo B.
- Los pesos en vacío de cada eje y la tara del vehículo completo.
- Las distancias del centro de gravedad a los ejes delantero (l_1) y trasero (l_2).

En la norma UNE 26480:1998 se establecen las condiciones de ensayo para la determinación del centro de gravedad y en particular de su altura. En la citada norma se

indica que todas las cargas deben estar fijadas de manera estable para evitar su desplazamiento en el caso de inclinación del vehículo.

- Tras cargar el vehículo a las condiciones de carga deseadas, debe bloquearse la suspensión de las ruedas para evitar deformaciones debidas a la inclinación del vehículo. Lo mismo puede aplicarse a otros componentes del vehículo donde el montaje flexible pudiera afectar a los resultados del ensayo.
- Antes de levantar el vehículo, la caja de velocidades debe ponerse en punto muerto y soltar el freno de estacionamiento. Sobre uno de los ejes solamente, las ruedas se trabarán mediante calzos u otros medios, manteniendo las delanteras en posición de marcha recta.
- Estando el vehículo en posición horizontal, y de acuerdo a las normas UNE 26192 e ISO 8855, deben medirse y registrarse las batallas izquierda y derecha, las vías anterior y posterior, las cargas en cada una de las ruedas y los radios bajo carga estática.
- Levantar gradualmente un eje (se recomienda hacerlo en tres o más etapas). Anotar la carga sobre el otro eje y el ángulo de elevación para cada posición. El ángulo máximo de elevación depende de la exactitud de la escala utilizada para medir la carga por eje.
- Para tener en cuenta la histéresis, bajar el eje levantado a su posición inicial por etapas y registrar la cargas por eje y el ángulo de elevación.
- Determinar la media de la carga por eje para cada ángulo de elevación.
- Se recomienda que se repitan todas las mediciones elevando el otro eje.

Para la realización de mediciones se requiere una cierta exactitud de los parámetros determinados:

- Carga absoluta por eje: ± 0,2%
- Variación de la carga por eje debida al levantamiento: ± 2,5%
- Medidas:
  - ≤ 2000 mm: ± 1 mm
  - >2000 mm: ± 0,5 %
- Ángulos: ± 1%

Al elevar, como se muestra en la figura 3.9, el eje delantero, las básculas por eje varían sus medidas. El peso en el eje delantero disminuye, la misma cantidad que aumenta el trasero (ΔF_z), quedando por tanto los pesos reales del vehículo:

$$P_{v1}' = P_{v1} - \Delta F_z \qquad P_{v2}' = P_{v2} + \Delta F_z$$

Por geometría se obtiene:

$$d = r \cdot sen\alpha + l_2 \cos\alpha - z_v \cdot sen\alpha$$

Al aplicar la ecuación de equilibrio de momentos desde el punto **A** se llega a:

© *ITES - Paraninfo*

$$P_v \cdot \left(r \cdot tg\alpha + l_2 - z_v \cdot tg\alpha\right) = P_{v1}' \cdot B$$

Con lo que la altura del centro de gravedad del vehículo será:

$$\Rightarrow z_v = \frac{P_v \cdot \left(r \cdot \frac{h}{B} + l_2\right) - P_{v1}' \cdot B}{P_v \cdot \frac{h}{B}}$$

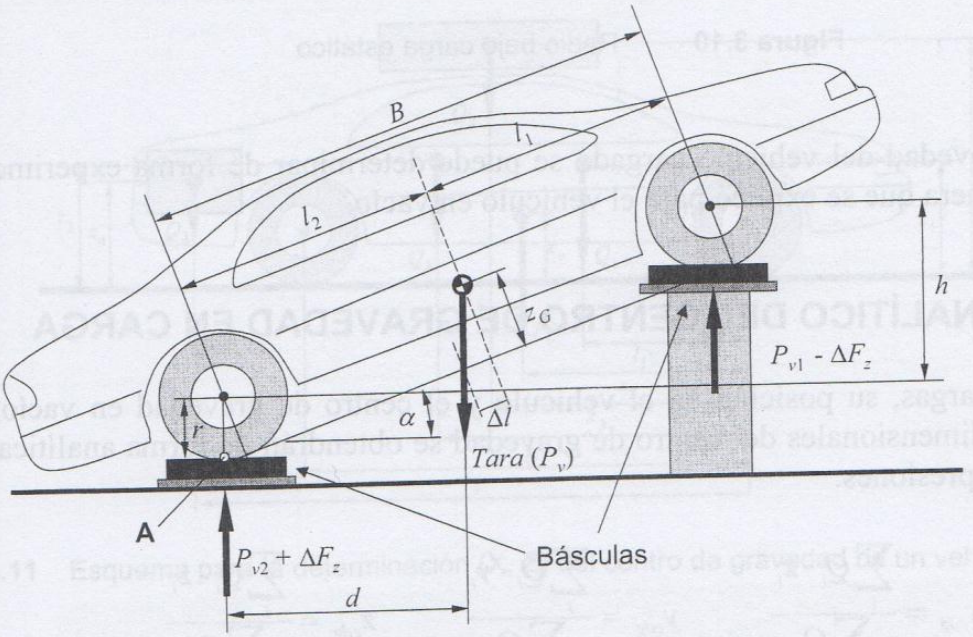


Figura 3.9 Esquema para la determinación de la altura del centro de gravedad de un vehículo

Según la norma UNE 26480:1998 la altura del centro de gravedad del vehículo será:

$$z_v = \frac{B \cdot \left(P_{v1}' - P_{v1}\right)}{P_v \cdot \mathrm{tg}\,\alpha} + r_{estát,1}$$

$$\Rightarrow z_v = \frac{B \cdot \left(P_{v2}' - P_{v2}\right)}{P_v \cdot \mathrm{tg}\,\alpha} + r_{estát,2}$$

Donde P representa el peso total del vehículo, α el ángulo de inclinación y $r_{estát,d}$ y $r_{estát,t}$ los radios bajo carga estáticos para las ruedas delanteras y traseras respectivamente. Estos valores se obtienen según lo indicado en la figura 3.10.

© ITES - Paraninfo

$$r_{estát} = d_w' - \frac{d_w}{2}$$

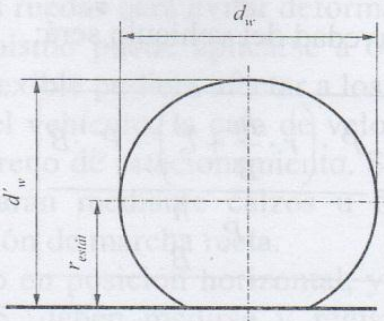


Figura 3.10 Radio bajo carga estático

El centro de gravedad del vehículo cargado se puede determinar de forma experimental de la misma manera que se explicó para el vehículo en vacío.

CÁLCULO ANALÍTICO DEL CENTRO DE GRAVEDAD EN CARGA

Conocidas las cargas, su posición en el vehículo y el centro de gravedad en vacío, las coordenadas tridimensionales del centro de gravedad se obtendrán de forma analítica por las siguientes expresiones:

$$x_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot x_i}{\sum_i Q_i} \qquad y_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot y_i}{\sum_i Q_i} \qquad z_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot z_i}{\sum_i Q_i}$$

Si se desarrollan se obtiene:

$$x_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot x_i}{\sum_i Q_i} \rightarrow x_{cdg} = \frac{P_v \cdot l_1 + Q_1 \cdot x_1 + Q_2 \cdot x_2 + Q_3 \cdot x_3 + Q_4 \cdot x_4}{P_v + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}$$

$$y_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot y_i}{\sum_i Q_i} \rightarrow y_{cdg} = \frac{P_v \cdot y_v + Q_1 \cdot y_1 + Q_2 \cdot y_2 + Q_3 \cdot y_3 + Q_4 \cdot y_4}{P_v + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}$$

$$z_{cdg} = \frac{\sum_i Q_i \cdot z_i}{\sum_i Q_i} \rightarrow z_{cdg} = \frac{P_v \cdot z_v + Q_1 \cdot z_1 + Q_2 \cdot z_2 + Q_3 \cdot z_3 + Q_4 \cdot z_4}{P_v + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}$$

© ITES - Paraninfo

Tabla 3.7 Resumen de cargas para la obtención del centro de gravedad del vehículo completo

Carga Denominación	Carga (kg)	*x* respecto eje1º (m)	*y*, posición lateral (m)	*z*, altura desde el suelo (m)
Tara				
Conductor + Acomp.				
Pasajeros atrás				
Remolque				
Maletero				
...				
Centro de gravedad				

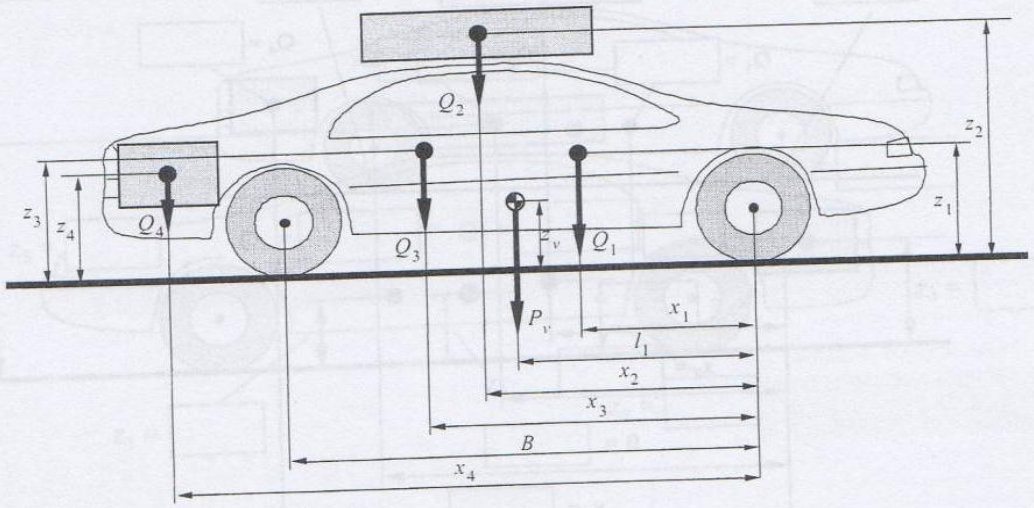


Figura 3.11 Esquema para la determinación (X, Z) del centro de gravedad de un vehículo turismo

3.2.4 METODOLOGÍA

En la fase de la toma de datos habrá que recopilar la datos relativos a las cargas y ocupantes en el momento del accidente y sus posibles modificaciones en el desarrollo del accidente. Mediante actuación sobre el vehículo y/o cálculos se obtendrá:

- ✓ Masa total
- ✓ Masas estáticas en cada uno de los ejes
- ✓ Masas estáticas en cada una de las ruedas
- ✓ Momentos de inercia del vehículo respecto a los ejes principales (X, Y y Z)
- ✓ Posición (x, y, z) del centro de gravedad del vehículo

Se comprobará la relación entre las condiciones en las que está autorizado a circular, que vendrán indicadas en la documentación, (esencialmente en la tarjeta ITV y permiso de

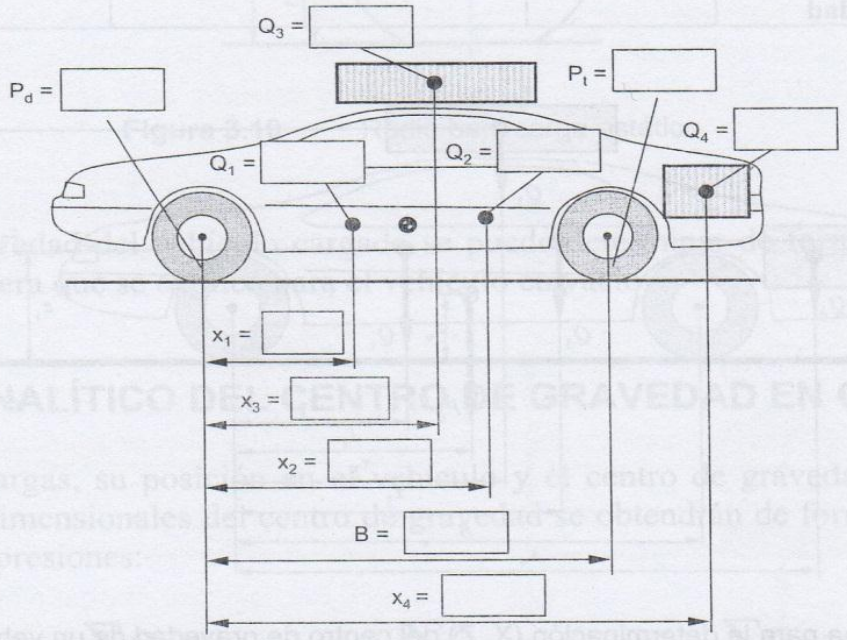
© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Cargas en vehículo turismo

Marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	
Observaciones			



Carga Denominación	Carga(kg)	Situación respecto eje1º (m)
Tara eje anterior	P_d =	---
Tara eje posterior	P_t =	---
Fila 1	Q_1 =	x_1 =
Fila 2	Q_2 =	x_2 =
Portaequipajes	Q_3 =	x_3 =
Maletero	Q_4 =	x_4 =
Otras		

Figura 3.12 Ficha para la toma de datos de las cargas del vehículo

© *ITES - Paraninfo*

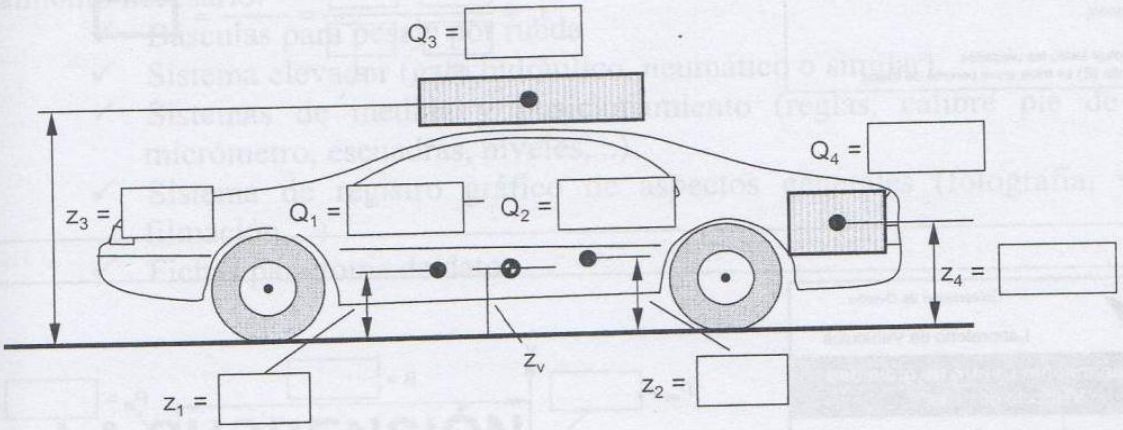
Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Altura del centro de gravedad – Vehículo en carga

Marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Observaciones



Carga Denominación	Carga(kg)	Altura
Centro de gravedad	P_v =	z_v =
Fila 1	Q_1 =	z_1 =
Fila 2	Q_2 =	z_2 =
Portaequipajes	Q_3 =	z_3 =
Maletero	Q_4 =	z_4 =
Otras		

Figura 3.13 Ficha para la toma de datos de las alturas de las cargas del vehículo

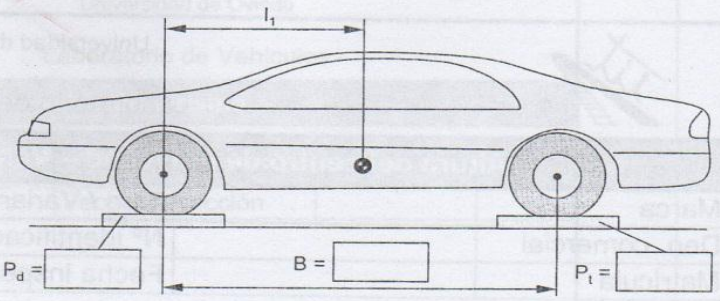
© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Posicionamiento Centro de gravedad
Vehiculo dos ejes

Marca	
Tipo / Variante	
Den. comercial	
Nº identificación	
Matrícula	
Fecha inspección	
Observaciones	



Material necesario
- Básculas – Pesos por rueda
- Medidor de distancias
- Calculadora

Notas
(1) Comprobar todas las unidades
(2) La batalla (B) se mide entre centros de rueda

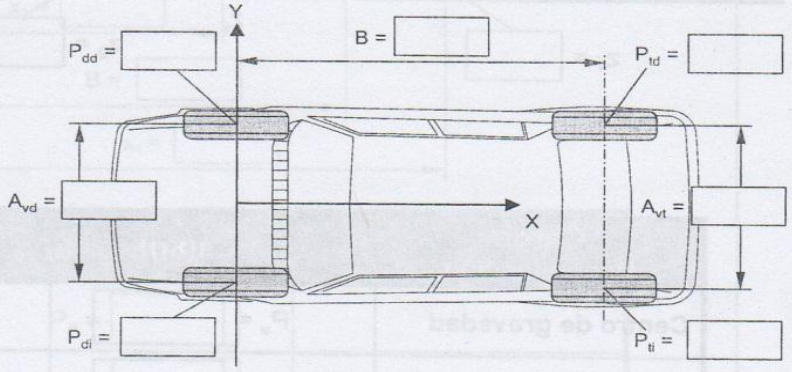
$$l_1 = \frac{B}{P_d} \cdot \frac{P_t}{P_t} = \frac{\quad}{\quad} = l_1$$

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Posicionamiento Centro de gravedad
Vehiculo dos ejes

Marca	
Tipo / Variante	
Den. comercial	
Nº identificación	
Matrícula	
Fecha inspección	
Observaciones	



Material necesario
- Básculas – Pesos por rueda
- Medidor de distancias
- Calculadora

Notas
(1) Comprobar todas las unidades
(2) Los anchos de vía delantero (A_{vd}) y trasero (A_{vt}) se miden entre centros de las bandas de rodadura
(3) La batalla (B) se mide entre centros de rueda

$$x_{cdg} = \frac{B}{P_{di}} \cdot \frac{P_{ti}}{P_{dd}} + \frac{P_{td}}{P_{ti}} + \frac{\quad}{P_{td}} = \frac{\quad}{\quad} = X_{cdg}$$

$$y_{cdg} = 0{,}5 \cdot \frac{-\frac{P_{di}}{\quad} \cdot \frac{A_{vd}}{\quad} + \frac{P_{dd}}{\quad} \cdot \frac{A_{vd}}{\quad} - \frac{P_{ti}}{\quad} \cdot \frac{A_{vt}}{\quad} + \frac{P_{td}}{\quad} \cdot \frac{A_{vt}}{\quad}}{\frac{\quad}{P_{di}} + \frac{\quad}{P_{dd}} + \frac{\quad}{P_{ti}} + \frac{\quad}{P_{td}}} = \frac{\quad}{\quad} = Y_{cdg}$$

Figura 3.14 Fichas para el posicionamiento del centro de gravedad

© *ITES - Paraninfo*

circulación) y las reales de circulación en el instante del accidente, según se ha comentado anteriormente.

Mediante inspección visual se comprobará si es pertinente, el sistema de retención de carga, comprobando:

- Que el vehículo autorizado a transportar personas y carga dispone de este dispositivo o de los anclajes necesarios.
- El estado y la correcta fijación del dispositivo, en su caso.
- La ausencia de salientes que puedan causar lesiones a los ocupantes del vehículo.

En su caso, la certificación de los dispositivos y/o sus anclajes.

Equipamiento necesario:

- ✓ Básculas para pesaje por rueda
- ✓ Sistema elevador (gato hidráulico, neumático o similar)
- ✓ Sistemas de medida y posicionamiento (reglas, calibre pie de rey, micrómetro, escuadras, niveles,...)
- ✓ Sistema de registro gráfico de aspectos generales (fotografía, vídeo filmación,...)
- ✓ Fichas para toma de datos

3.3 LA SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión debe asegurar el confort de marcha y la estabilidad del vehículo. Esto se consigue por la acción combinada de los neumáticos (elastómeros + aire a presión), la elasticidad de los asientos y el sistema elástico de la suspensión.

De forma complementaria, la suspensión juega un papel importante en el comportamiento dinámico, tanto en recta como en curva, de los vehículos implicados en un accidente, por ello resulta de gran importancia el análisis y caracterización de estos sistemas para realizar una correcta investigación, tanto mediante análisis cualitativos como cuantitativos, ayudados estos últimos por aplicaciones informáticas de simulación y reconstrucción.

3.3.1 CONFIGURACIÓN DE LA SUSPENSIÓN

El estudio de la configuración y diseño del sistema de suspensión es de gran importancia, ya que de él depende la adecuación de la respuesta del vehículo ante las diferentes solicitaciones tanto estáticas como dinámicas.

© ITES - Paraninfo

En un sistema de suspensión, cada rueda está unida a la carrocería a través de diversos elementos que le permiten un movimiento con respecto a la carrocería, controlado por un elemento elástico (muelle) y otro disipativo (amortiguador). Además, puede llevar asociado el sistema de dirección que controla el movimiento de rotación de las ruedas directrices.

De forma adicional, en vehículos de carretera, los brazos o tirantes de la suspensión incluyen casquillos o elementos elásticos que reducen la transmisión de ruido y vibraciones al habitáculo de los pasajeros. De esta manera, un análisis completo debería considerar:

1. La geometría de las suspensiones, analizando las disposiciones de los elementos y sus influencias consecuentes en el movimiento relativo de cada rueda con el chasis.
2. La elasticidad de los componentes de la suspensión, en particular aquellos que están específicamente diseñados para controlar los movimientos de las ruedas, como son los resortes y barras estabilizadoras, añadiéndoles también la deformación de los brazos y tirantes, así como la de los casquillos de caucho o elastómeros.
3. Rozamiento y pérdidas energéticas, introducidos deliberadamente por medio de los amortiguadores, y las fricciones residuales en las uniones.
4. Inercias de los diversos elementos y componentes que influyen en la acción de la suspensión.

Los modelos cinemáticos idealizados, que se presentan a continuación, permiten analizar la mayoría de las suspensiones, y el estudio de la movilidad y de los grados de libertad proporciona una base útil para clasificar la mayor parte de los diseños reales de suspensiones y proporciona una apreciación cualitativa de las características y limitaciones de los sistemas que se encuentran en la práctica, y su influencia en el desarrollo de la dinámica del accidente.

En cualquier caso, y teniendo en cuenta que todas las suspensiones reales trabajan en las tres dimensiones espaciales, un análisis completo, con la requerida generalidad, es una labor de cierta complejidad. Estos estudios requieren programas de cálculo por ordenador de simulación de dinámica multicuerpo tridimensional.

3.3.2 TIPOLOGÍAS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN EN VEHÍCULOS TIPO TURISMO

La clasificación de los diferentes sistemas de suspensión puede realizarse atendiendo a diversos criterios pero, dado que en la práctica se encuentran casi tantos tipos distintos como modelos de vehículos hay en el mercado, no puede establecerse como absoluta ninguna de estas clasificaciones.

Generalmente, las suspensiones se clasifican en dos grandes grupos: suspensiones de **eje rígido** o dependiente y suspensiones **independientes**, apareciendo otra tipología que

© *ITES - Paraninfo*

se denominará **semiindependiente**, por ser funcionalmente intermedia entre las dos anteriores. Dentro de esta clasificación, y de forma adicional, también es habitual clasificarlas en delanteras y traseras.

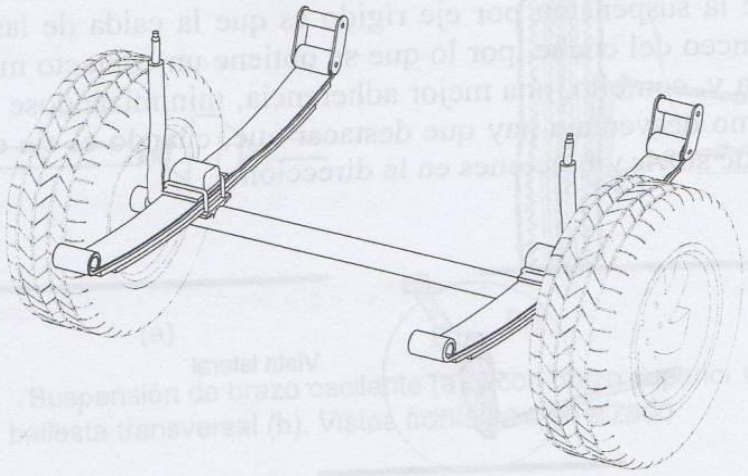


Figura 3.15 Suspensión trasera de eje rígido con ballestas

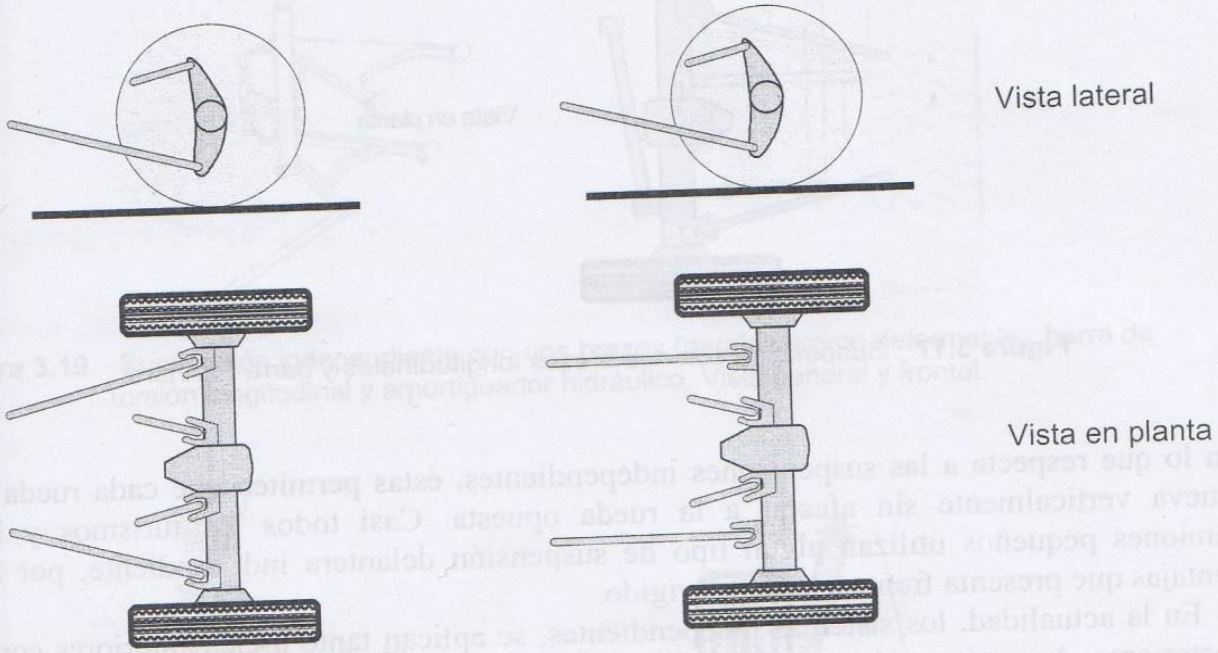


Figura 3.16 Sistemas de anclaje de ejes rígidos con cuatro barras, siendo las dos inferiores paralelas o no.

Básicamente puede decirse que una suspensión de *eje rígido* es aquella en la que las ruedas se unen a los extremos de una barra o elemento rígido, pudiendo girar independientemente, aunque cualquier otro movimiento de una de las ruedas se transmite

© ITES - Paraninfo

a la rueda opuesta, haciendo que ambas señalen en la misma dirección y tengan la misma caída. La suspensión mediante eje rígido motriz se utiliza en el eje trasero de muchos vehículos de turismo antiguos, vehículos de turismo americanos, todoterrenos y en la mayoría de los camiones, mientras que en el eje delantero se utiliza en vehículos con tracción a las cuatro ruedas y camiones pesados, sin que se encuentre en turismos. La principal ventaja de la suspensión por eje rígido es que la caída de las ruedas no se ve afectada por el balanceo del coche, por lo que se obtiene un contacto más uniforme entre la rueda y la calzada y, con ello, una mejor adherencia, minimizándose así el desgaste de los neumáticos. Como desventaja hay que destacar que, cuando el eje es además motriz, es muy susceptible de sufrir vibraciones en la dirección.

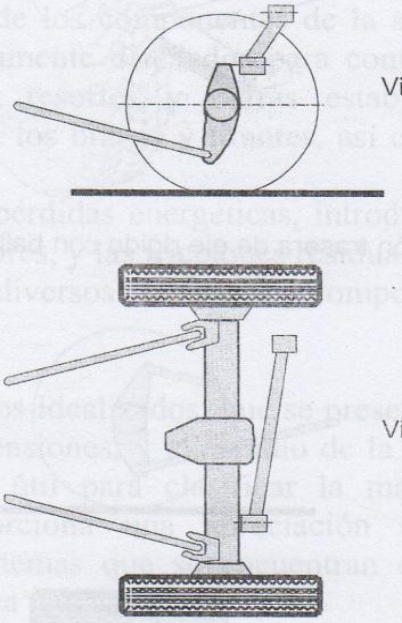


Figura 3.17 Suspensión con dos brazos longitudinales y barra *Panhard*

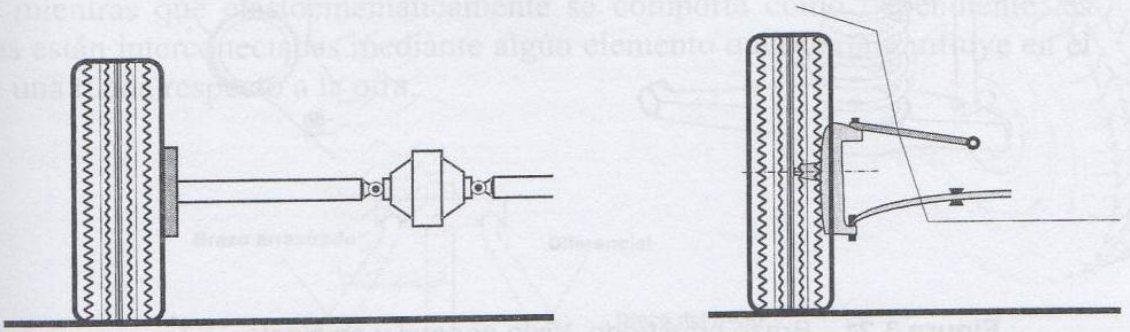
En lo que respecta a las suspensiones independientes, éstas permiten que cada rueda se mueva verticalmente sin afectar a la rueda opuesta. Casi todos los turismos y los camiones pequeños utilizan algún tipo de suspensión delantera independiente, por las ventajas que presenta frente a la de eje rígido.

En la actualidad, los sistemas independientes, se aplican tanto a ejes anteriores como posteriores. A continuación se comentan las configuraciones aplicables más comúnmente utilizadas, tanto para ejes anteriores como posteriores.

- ✓ Semiejes oscilantes
- ✓ Ballestas transversales
- ✓ Suspensión de paralelogramo deformable
- ✓ Suspensión *McPherson*

© *ITES - Paraninfo*

- ✓ Suspensión de brazos arrastrados
- ✓ Suspensión de brazos semiarrastrados
- ✓ Suspensiones multibrazo



(a) (b)

Figura 3.18 Suspensión de brazo oscilante (a) y con brazo superior rígido y ballesta transversal (b). Vistas frontales o en alzado

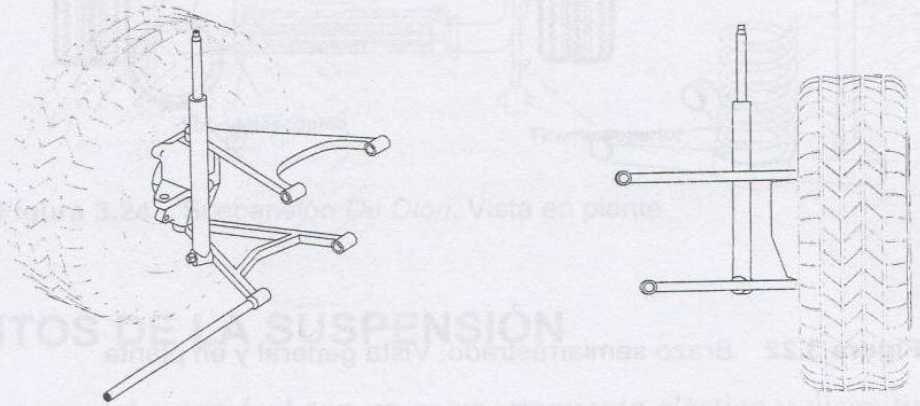


Figura 3.19 Suspensión independiente con dos brazos (paralelogramo deformable), barra de torsión longitudinal y amortiguador hidráulico. Vista general y frontal

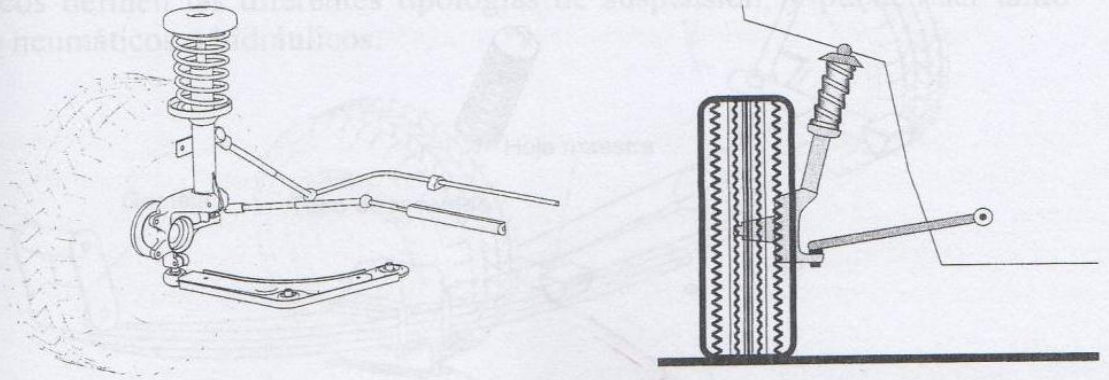


Figura 3.20 Suspensión independiente con un brazo y un conjunto rótula+corredera (Columna *McPherson)*. Vista general y frontal

© ITES - Paraninfo

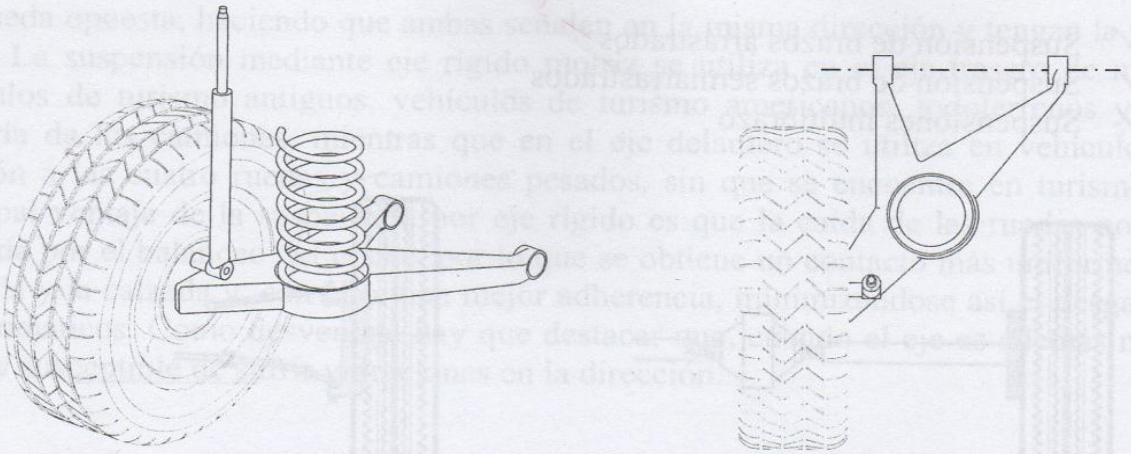


Figura 3.21 Brazo arrastrado. Vista general y en planta

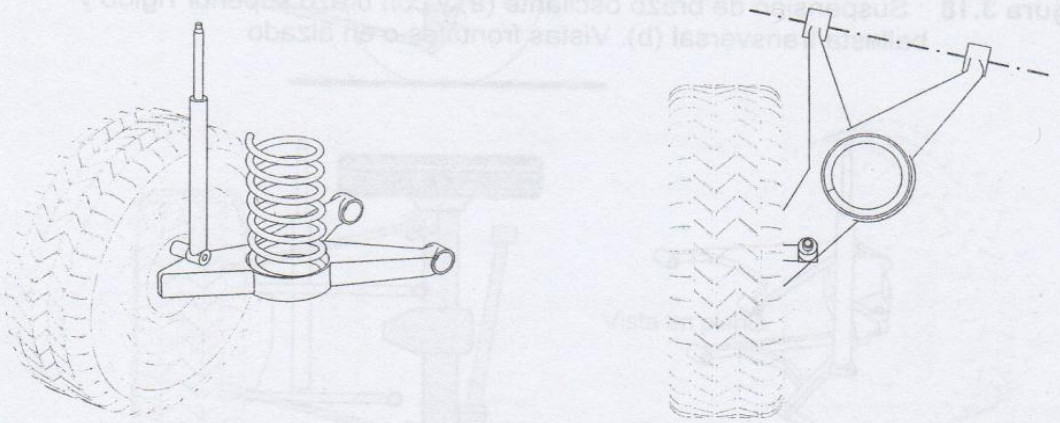


Figura 3.22 Brazo semiarrastrado. Vista general y en planta

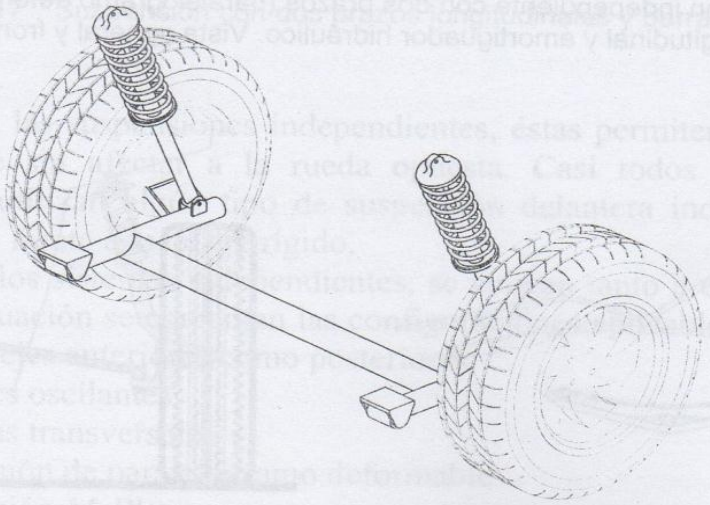


Figura 3.23 Suspensión semiindependiente de brazos arrastrados

© *ITES - Paraninfo*

...lmente, como suspensiones semiindependientes pueden considerarse todas aquellas ...siones cuyo comportamiento es intermedio entre el de una suspensión de eje rígido ... independiente. Si se analiza cinemáticamente, la suspensión se comporta como ...pendiente, mientras que elastocinemáticamente se comporta como dependiente, es ... las ruedas están interconectadas mediante algún elemento que limita e influye en el ...miento de una rueda respecto a la otra.

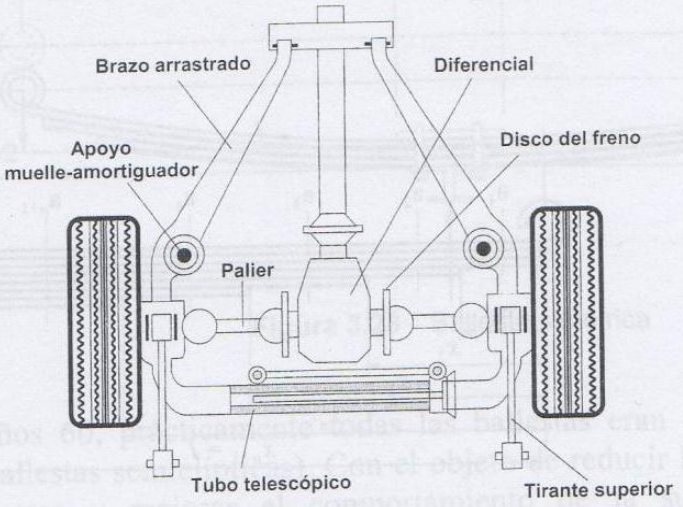


Figura 3.24 Suspensión *De Dion*. Vista en planta

3.3 ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN

...suspensión es un sistema del automóvil con un comportamiento elástico y disipativo al ... tiempo, cuyo resultado dinámico se puede definir como vibratorio amortiguado. ...compone, por tanto, de elementos elásticos, que almacenan energía e idealmente la ...uelven de forma íntegra, y disipativos, que amortiguan los movimientos. Los ...entos elásticos definen las diferentes tipologías de suspensión, y pueden ser tanto ...nicos como neumáticos o hidráulicos.

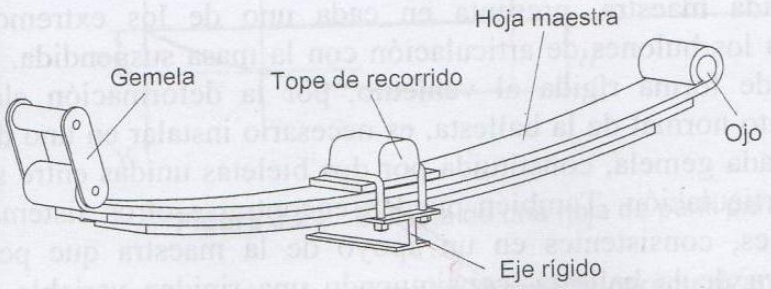


Figura 3.25 Conjunto de la ballesta y fijaciones

© ITES - Paraninfo

BALLESTAS

Las ballestas constituyen uno de los componentes más comunes dentro de los elementos elásticos mecánicos usados en la historia del automóvil. Aunque hoy en día no sean habituales en turismos, siguen siendo de aplicación extensiva en vehículos industriales, todoterrenos, y en general en vehículos con solicitaciones mecánicas importantes. En algunos casos están siendo sustituidas o complementadas con sistemas hidráulicos o neumáticos. Su comportamiento se puede definir como el de un resorte metálico de flexión.

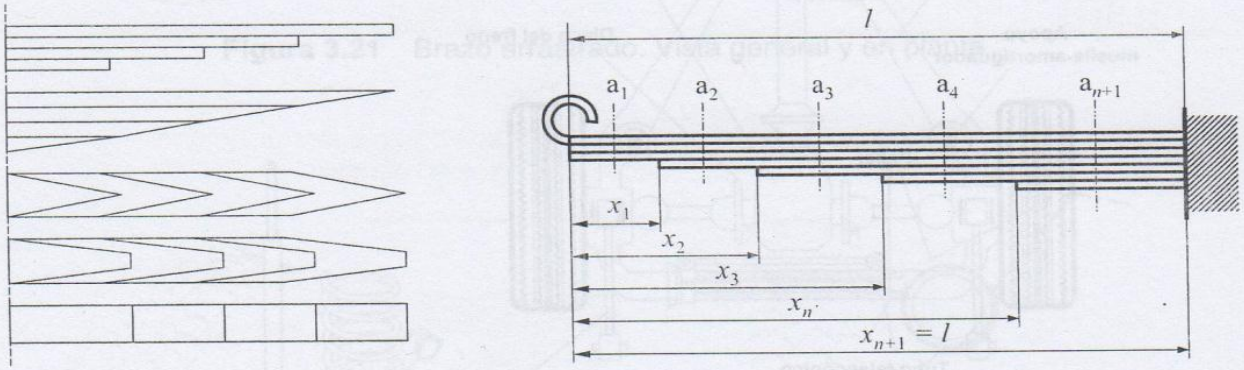


Figura 3.26 Extremos de una ballesta

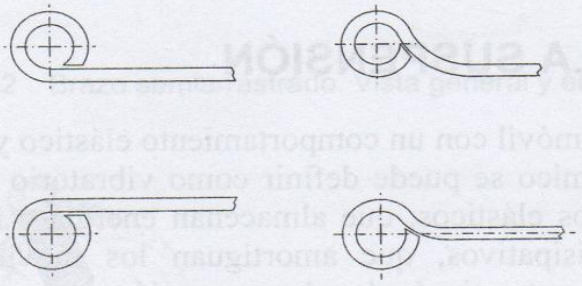


Figura 3.27 Diversas tipologías de ojos (normal e invertido)

La hoja superior, denominada maestra, presenta en cada uno de los extremos un alojamiento (ojo) destinado a los bulones de articulación con la masa suspendida. Dado que no pueden ser fijadas de forma rígida al vehículo, por la deformación elástica existente en el comportamiento normal de la ballesta, es necesario instalar en uno de sus extremos una pieza denominada gemela, constituida por dos bieletas unidas entre sí por dos bulones que hacen de articulación. También pueden encontrarse otros sistemas de fijación como son los patines, consistentes en un apoyo de la maestra que permite modificar la longitud efectiva de la ballesta, consiguiendo una rigidez variable de la

© ITES - Paraninfo

misma. Otras configuraciones más complejas consisten en combinaciones en paralelo de dos etapas (ballesta principal + ballestín auxiliar). Con estas soluciones se consigue un aumento de la rigidez del conjunto ante cargas elevadas o grandes deformaciones de la suspensión, con objeto de conseguir condiciones favorables de estabilidad y confort.

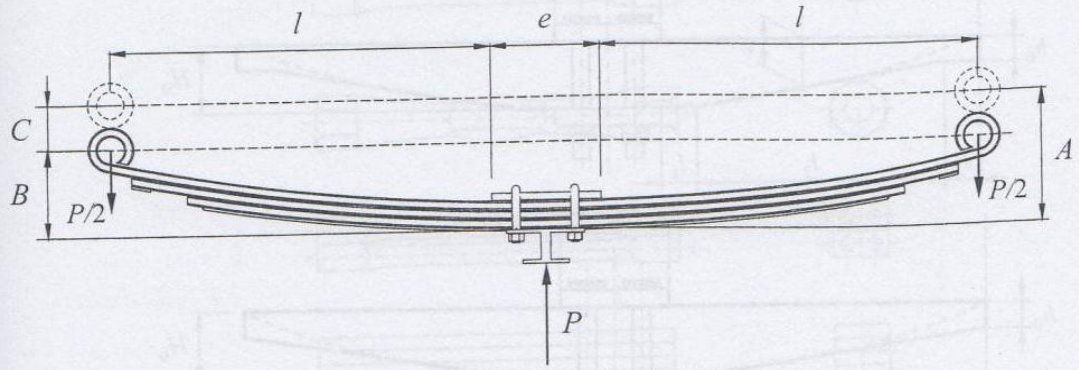


Figura 3.28 Ballesta simétrica

Hasta los años 60, prácticamente todas las ballestas eran de hojas planas de espesor constante (ballestas semielípticas). Con el objeto de reducir las fricciones entre las hojas de las ballestas y mejorar el comportamiento de la suspensión, se desarrollaron suspensiones con ballestas de espesor variable, siguiendo un perfil generalmente parabólico. Estas hojas tienen un mayor espesor en el centro (constante en la zona de embridaje), disminuyendo al acercarse a los extremos.

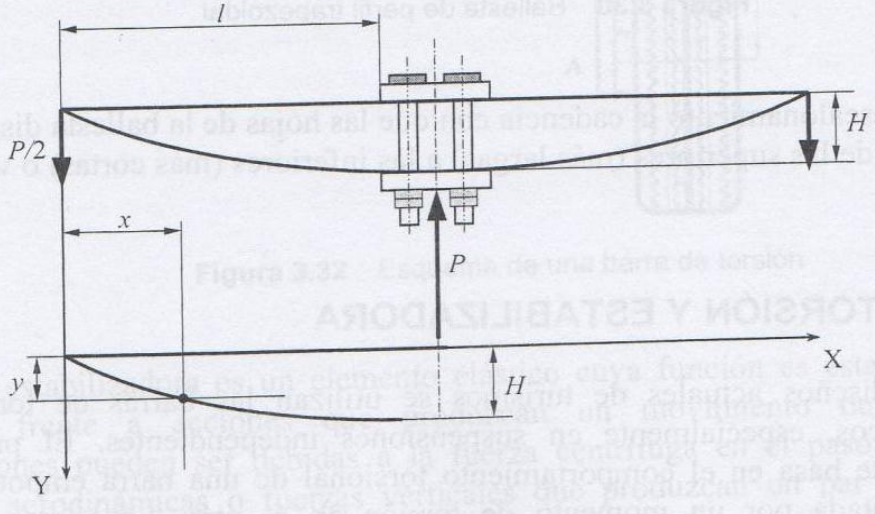


Figura 3.29 Ballesta de una hoja de perfil parabólico

Las ballestas de varias hojas de grueso uniforme se caracterizan por:

- Flexibilidad

© ITES - Paraninfo

- Espesor de las hojas
- Anchura de las hojas
- Escalonamiento (uniforme o no uniforme)

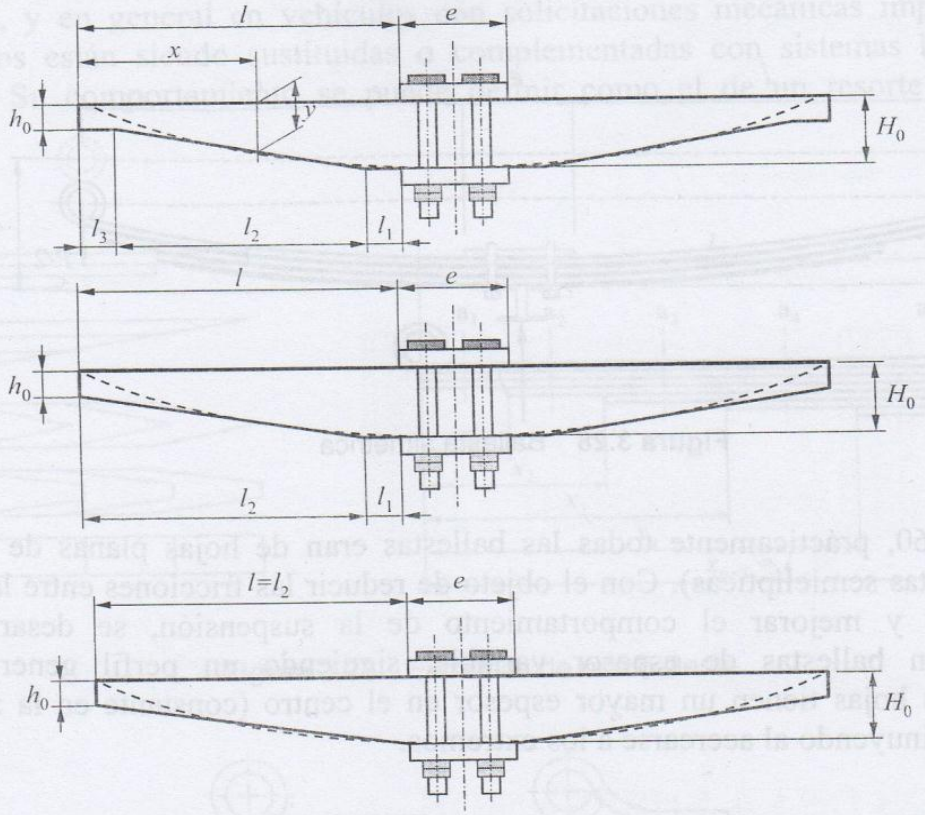


Figura 3.30 Ballesta de perfil trapezoidal

Se entiende por escalonamiento la cadencia con que las hojas de la ballesta disminuyen su longitud al pasar de las superiores (más largas) a las inferiores (más cortas) o viceversa en las invertidas.

BARRAS DE TORSIÓN Y ESTABILIZADORA

En numerosos diseños actuales de turismos se utilizan las barras de torsión como elementos elásticos, especialmente en suspensiones independientes. El principio de funcionamiento se basa en el comportamiento torsional de una barra empotrada en un extremo y solicitada por un momento de torsión en el otro. La barra se deforma elásticamente, retornando a la posición de deflexión estática cuando cesa la solicitación.

© ITES - Paraninfo

Habitualmente se fabrican en barra de acero o materiales compuestos con secciones tanto cilíndricas como cuadradas o hexagonales. Existen otros modelos formados por láminas superpuestas, dispuestas como en una ballesta, trabajando en conjunto a torsión.

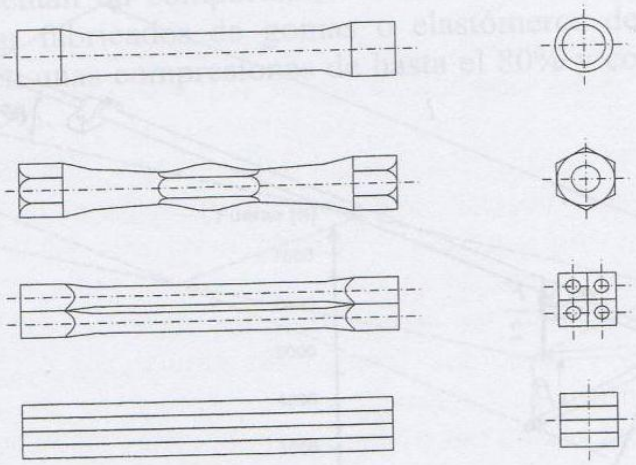


Figura 3.31 Tipologías de barras de torsión

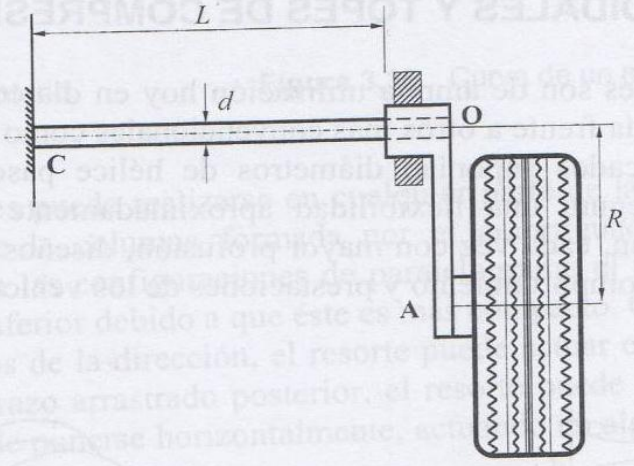


Figura 3.32 Esquema de una barra de torsión

La barra estabilizadora es un elemento elástico cuya función es estabilizar la caja del vehículo frente a acciones que produzcan un movimiento de balanceo. Estas solicitaciones pueden ser debidas a la fuerza centrífuga en el paso por una curva, a acciones aerodinámicas o fuerzas verticales que produzcan un par de vuelco lateral. Aunque puedan existir estabilizadores longitudinales (que regulan la transferencia de carga entre ejes frente a dinámicas de aceleración o frenado), la configuración más típica de estas barras es transversal, uniendo elásticamente las ruedas de un mismo eje, con el objetivo de oponerse al par de vuelco del vehículo que origina una transferencia de carga

© ITES - Paraninfo

entre las ruedas. Con esto se incide de forma directa sobre la adherencia y la seguridad del vehículo. Por consiguiente, la barra estabilizadora, anclada a la carrocería, uniendo ambas ruedas y trabajando a torsión regula el balanceo e intenta mantener la estabilidad.

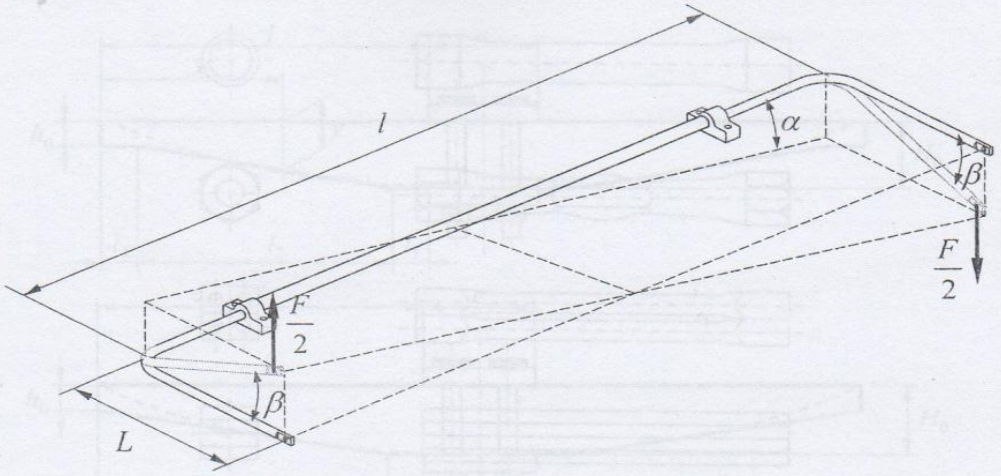


Figura 3.33 Esquema funcional de una barra estabilizadora

MUELLES HELICOIDALES Y TOPES DE COMPRESIÓN

Los resortes helicoidales son de amplia utilización hoy en día como elementos elásticos acumuladores de energía frente a otros más convencionales como las ballestas. Si bien los primeros diseños aplicados suponían diámetros de hélice paso y sección transversal constante, lo cual asegura una flexibilidad aproximadamente constante, hoy en día también se implementan, cada vez con mayor profusión, diseños variables, en un intento de adaptarse mejor al comportamiento y prestaciones de los vehículos modernos.

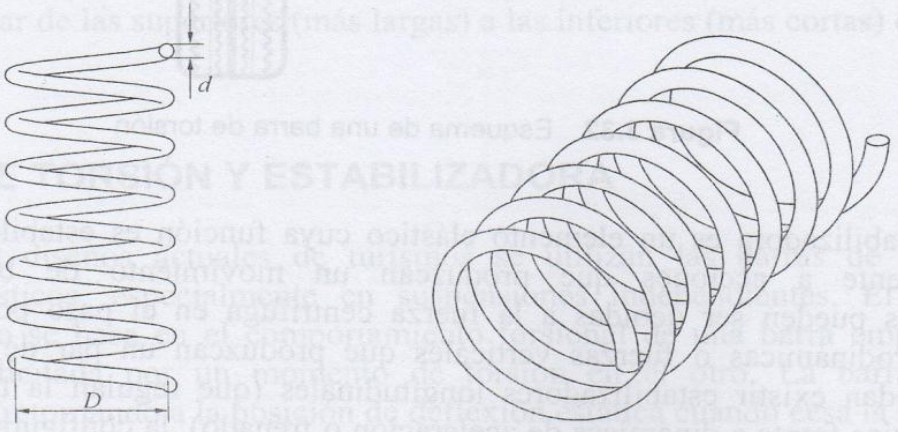


Figura 3.34 Muelle helicoidal

© ITES - Paraninfo

Además de los muelles helicoidales, en los sistemas de suspensión pueden aparecer topes de compresión que absorben grandes fuerzas en deformaciones pequeñas. Pueden situarse dentro de muelles helicoidales o alojarse directamente en el eje o brazos de suspensión. Además, pueden existir muelles suplementarios que actúan de manera similar a los topes de compresión, aunque presentan un comportamiento más suave y altamente no lineal. Estos elementos suelen estar fabricados de gomas o elastómeros de poliuretano, con burbujas de aire que permiten unas compresiones de hasta el 80% y con incrementos del diámetro de únicamente el 35%.

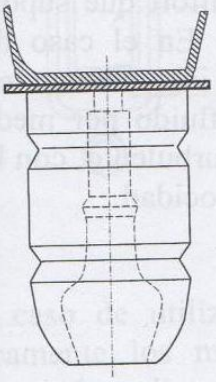


Figura 3.35 Muelle suplementario

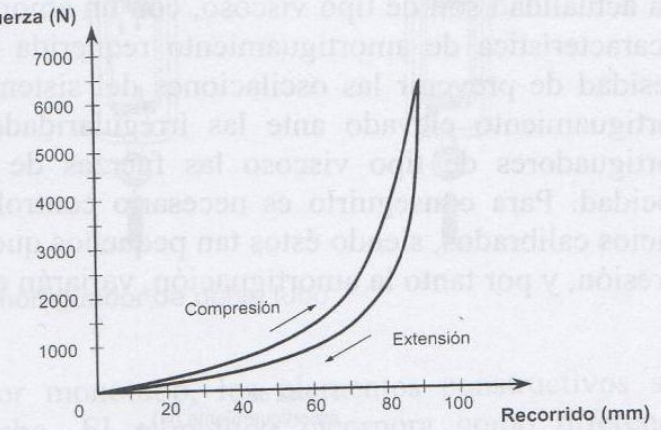


Figura 3.36 Curva de un muelle suplementario

La ubicación de los muelles puede realizarse en cualquier parte de la suspensión, como, por ejemplo, alrededor de la columna formada por el amortiguador (montaje de la columna *McPherson*). Para las configuraciones de paralelogramo el resorte suele operar normalmente en el brazo inferior debido a que éste es más compacto. Cuando este espacio está ocupado por elementos de la dirección, el resorte puede actuar en el brazo superior. Para configuraciones de brazo arrastrado posterior, el resorte puede actuar directamente en el brazo, o incluso puede ponerse horizontalmente, actuando en algún tipo de lengüeta o prolongación.

En general, la compresión o extensión del resorte es diferente del desplazamiento de la rueda, y su proporción no es constante. La fuerza del resorte es generalmente mayor que la que actúa sobre la rueda, con una rigidez eficaz que normalmente aumenta con la elevación de la misma (compresión de la suspensión), lo que se puede conseguir mediante diseños adecuados de varillajes o en función de las características del resorte. El gas (suspensiones neumáticas e hidroneumáticas) y los resortes de caucho tienen este tipo de comportamiento debido al propio material. Los resortes espirales de acero pueden presentar este comportamiento si se espacian las espiras irregularmente, o si el diámetro del alambre se adelgaza, para que se cierren progresivamente. Las ballestas de hojas se

© ITES - Paraninfo

comportarán de este modo si inicialmente están separadas o se instalan ballestines auxiliares.

EL AMORTIGUADOR

El amortiguador disipa en forma de calor la energía cinética de la suspensión, originada por la dinámica de la masa suspendida o por las perturbaciones de la carretera, para permitir que el conjunto vuelva a su posición neutra de forma controlada, evitando el rebote del neumático y la pérdida del control del vehículo. Los amortiguadores utilizados en la actualidad son de tipo viscoso, con un amortiguamiento variable de tipo hidráulico. La característica de amortiguamiento requerida tiene que ser un compromiso entre la necesidad de prevenir las oscilaciones del sistema y la falta de confort que supone un amortiguamiento elevado ante las irregularidades de la carretera. En el caso de los amortiguadores de tipo viscoso las fuerzas de amortiguación se incrementan con la velocidad. Para conseguirlo es necesario controlar el paso de un fluido por medio de orificios calibrados, siendo éstos tan pequeños que el flujo debe ser turbulento, con lo que la presión, y por tanto la amortiguación, variarán en función de la velocidad.

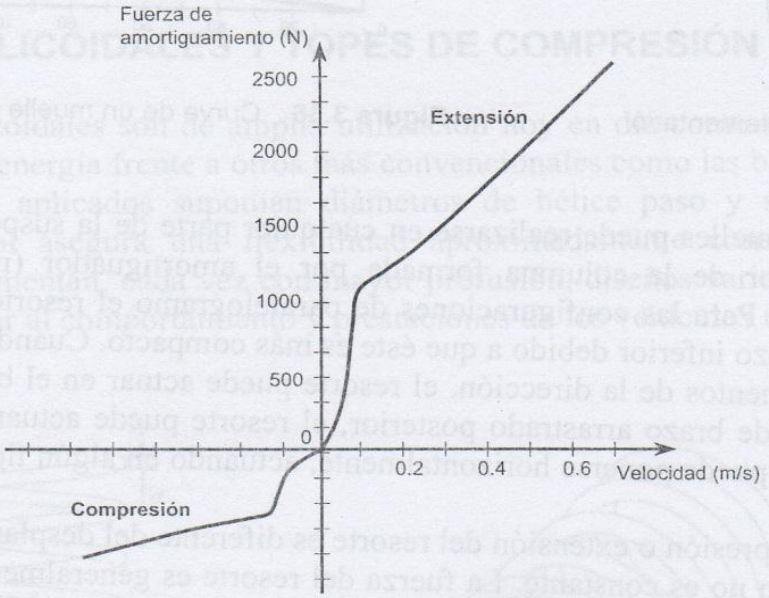


Figura 3.37 Curvas de comportamiento de un amortiguador

Los amortiguadores hidráulicos telescópicos pueden ser de doble tubo o monotubo, siendo el primero de ellos el más común. En un diseño bitubo se combina la acción del paso del fluido a través del pistón con el desplazamiento del fluido hacia/desde una cámara concéntrica.

© *ITES - Paraninfo*

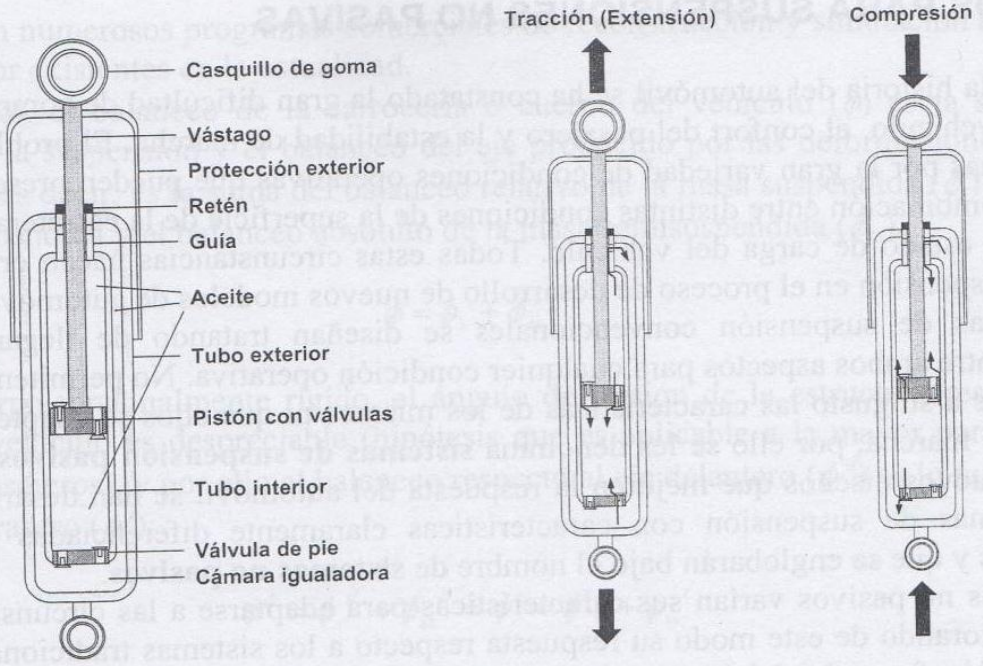


Figura 3.38 Amortiguador de doble tubo

En el caso de utilizar un amortiguador monotubo, los elementos constructivos son prácticamente los mismos que el bitubo. El monotubo incorpora como diferencia fundamental un dispositivo de cierre de la parte inferior del área de trabajo por medio de un pistón flotante en contacto con el fluido y soportado por la presión de un gas en su parte inferior (nitrógeno).

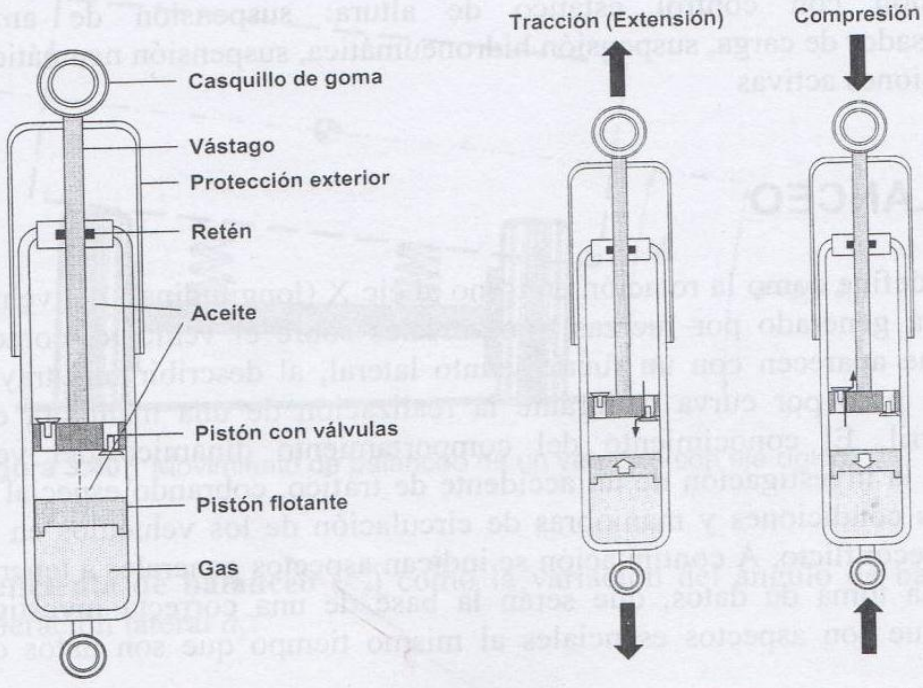


Figura 3.39 Aspecto y componentes de un amortiguador monotubo

© ITES - Paraninfo

ELEMENTOS PARA SUSPENSIONES NO PASIVAS

A lo largo de la historia del automóvil se ha constatado la gran dificultad de compaginar, en un mismo vehículo, el confort del pasajero y la estabilidad de marcha. El problema se agudiza aún más por la gran variedad de condiciones operativas que pueden presentarse, debidas a la combinación entre distintas condiciones de la superficie de la carretera con la velocidad y el estado de carga del vehículo. Todas estas circunstancias hacen crítico el diseño de la suspensión en el proceso de desarrollo de nuevos modelos de automóviles.

Los sistemas de suspensión convencionales se diseñan tratando de llegar a un compromiso entre ambos aspectos para cualquier condición operativa. No permiten que el conductor varíe a su gusto las características de los mismos ni que ellos se adapten a las condiciones de marcha, por ello se les denomina **sistemas de suspensión pasivos**. En la búsqueda de nuevos diseños que mejoren la respuesta del automóvil se han desarrollado diversos sistemas de suspensión con características claramente diferenciadas de los convencionales y que se englobarán bajo el nombre de **sistemas no pasivos**.

Los sistemas no pasivos varían sus características para adaptarse a las circunstancias operativas, mejorando de este modo su respuesta respecto a los sistemas tradicionales de suspensión. Están formados básicamente por dispositivos y captadores que controlan en tiempo real las condiciones de marcha y gobiernan los actuadores integrados en el sistema de suspensión, variando las fuerzas de reacción de la suspensión.

Los sistemas no pasivos se pueden clasificar en función del grado o capacidad de adaptación que tiene cada uno de los sistemas que la componen. Si se tienen en cuenta únicamente sistemas actuales, omitiendo otros prácticamente en desuso como la suspensión hidroelástica o el diseño *hydragas*, pueden existir:

- Suspensiones semiactivas o adaptativas
- Suspensión con control estático de altura: suspensión de amortiguador compensador de carga, suspensión hidroneumática, suspensión neumática,...
- Suspensiones activas

3.3.4 BALANCEO

El balanceo se define como la rotación en torno al eje X (longitudinal) del vehículo. Este balanceo vendrá generado por fuerzas transversales sobre el vehículo, como son, por ejemplo, las que aparecen con un fuerte viento lateral, al describir una trayectoria no rectilínea en el paso por curva o durante la realización de una maniobra evasiva de cambio de carril. El conocimiento del comportamiento dinámico del vehículo es fundamental en la investigación de un accidente de tráfico, cobrando especial interés en lo relativo a las condiciones y maniobras de circulación de los vehículos en la fase de precolisión o preconflicto. A continuación se indican aspectos generales a tener en cuenta en la fase de la toma de datos, que serán la base de una correcta investigación del accidente, ya que son aspectos esenciales al mismo tiempo que son datos de entrada

© *ITES - Paraninfo*

necesarios en numerosos programas comerciales de reconstrucción y simulación dinámica por ordenador existentes en la actualidad.

En general, el balanceo de la carrocería o cuerpo del vehículo (ϕ) es la suma del balanceo de la suspensión y el balanceo del eje producido por las deformaciones de los neumáticos, es decir, es la suma del balanceo relativo de la masa suspendida (ϕ_s) respecto a la semisuspendida y el balanceo absoluto de la masa semisuspendida (ϕ_{ss}).

$$\phi = \phi_s + \phi_{ss}$$

Para un cuerpo torsionalmente rígido, el ángulo de torsión de la estructura resistente o cuerpo del vehículo es despreciable (hipótesis que es aplicable a la mayor parte de los coches de pasajeros), y por ello el balanceo respecto al eje delantero (ϕ^d) es lo mismo que respecto al trasero (ϕ^t):

$$\phi^d = \phi_s{}^d + \phi_{ss}{}^d = \phi^t = \phi^t{}_s + \phi_{ss}{}^t$$

Pero en la mayoría de los vehículos industriales, para un cálculo exacto del comportamiento dinámico hay que considerar el ángulo de torsión del chasis ζ_{chasis} y entonces:

$$\phi^d = \phi_s{}^d + \phi_{ss}{}^d \quad \phi^t = \phi_s{}^t + \phi_{ss}{}^t \qquad \zeta_{chasis} = \phi^d - \phi^t$$

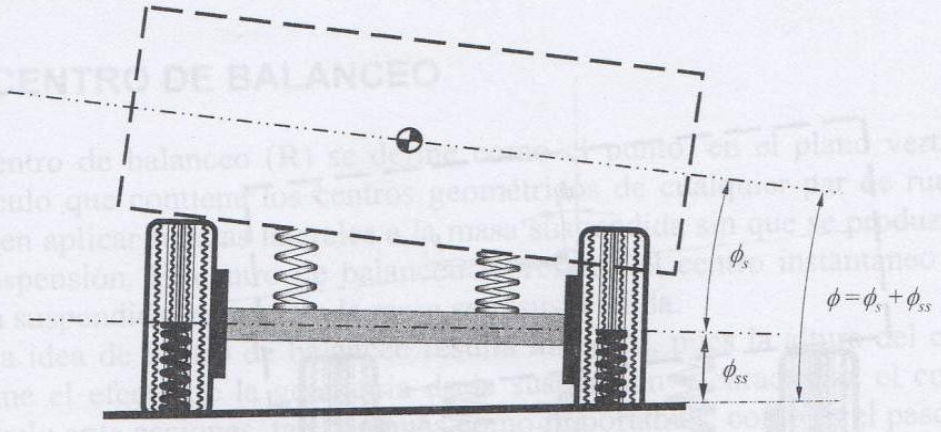


Figura 3.40 Movimiento de balanceo de un vehículo con eje rígido

Se define el **coeficiente de balanceo** (k_ϕ) como la variación del ángulo de balanceo ϕ respecto a la aceleración lateral a_y:

© ITES - Paraninfo

$$k_\phi = \frac{\partial \phi}{\partial a_y}$$

Este coeficiente puede caracterizar tanto el balanceo de la masa suspendida como el de la semisuspendida o el total del vehículo, de tal manera que el **coeficiente total de balanceo** (k_ϕ) representa la suma de los coeficientes de balanceo de la suspensión ($k_{\phi s}$) y del eje (o de la masa semisuspendida, $k_{\phi ss}$).

$$k_\phi = k_{\phi s} + k_{\phi ss}$$

El balanceo produce, además, una modificación del ángulo de caída de las ruedas respecto a la carrocería y a la carretera. En general, en una posición en la que exista balanceo de la masa suspendida, la solicitación mecánica de los muelles de la suspensión en ambos lados será diferente y, normalmente, mayor en el lado más bajo. Esto produce una transferencia de carga vertical, e incluso, en función de la geometría de la suspensión, un esfuerzo ascensional adicional, que en suspensiones independientes tiende a disminuir el ancho de vía del vehículo y a elevar el centro de gravedad.

Ante el par de balanceo del vehículo (acción) la suspensión reacciona con una rigidez (reacción) al balanceo del vehículo K_ϕ suma (adición de muelles en serie) de las rigideces al balanceo de la suspensión $K_{\phi s}$ y el eje $K_{\phi ss}$.

$$\frac{1}{K_\phi} = \frac{1}{K_{\phi s}} + \frac{1}{K_{\phi ss}}$$

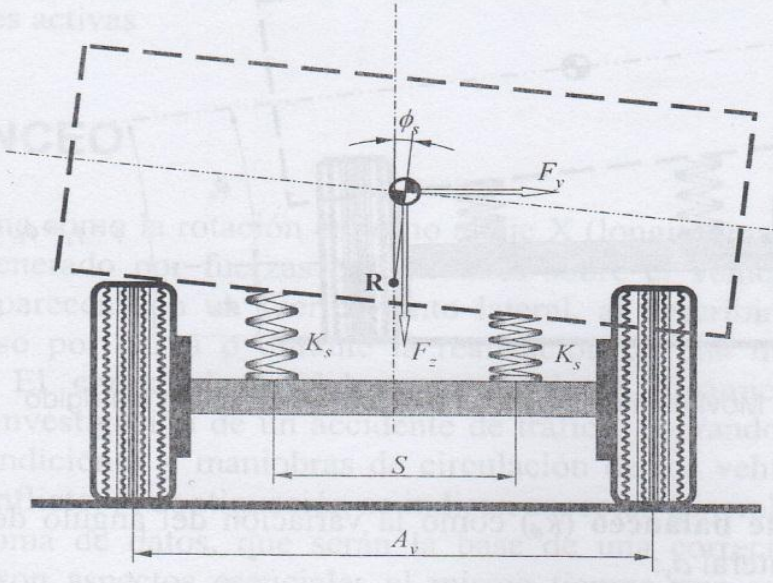


Figura 3.41 Modelo ideal de balanceo de una suspensión de eje rígido

© ITES - Paraninfo

El gráfico de la figura 3.42 caracteriza, de forma genérica, el comportamiento a balanceo de una suspensión. La posición inicial **A** se obtiene para un balanceo nulo. De forma habitual se incrementa, con un comportamiento de rigidez constante o creciente, hasta el punto donde llega a tocar el tope de compresión de la suspensión de una rueda (**B**); la rigidez se aumenta entonces hasta llegar al tope de extensión de la otra rueda (**C**). Llegado al punto **D**, la rueda interior pierde contacto con el suelo y puede producirse el vuelco del vehículo. De forma práctica se suelen determinar gráficos semejantes para cada uno de los ejes del vehículo y uno para el vehículo completo, expresándose la aportación de cada eje en porcentajes.

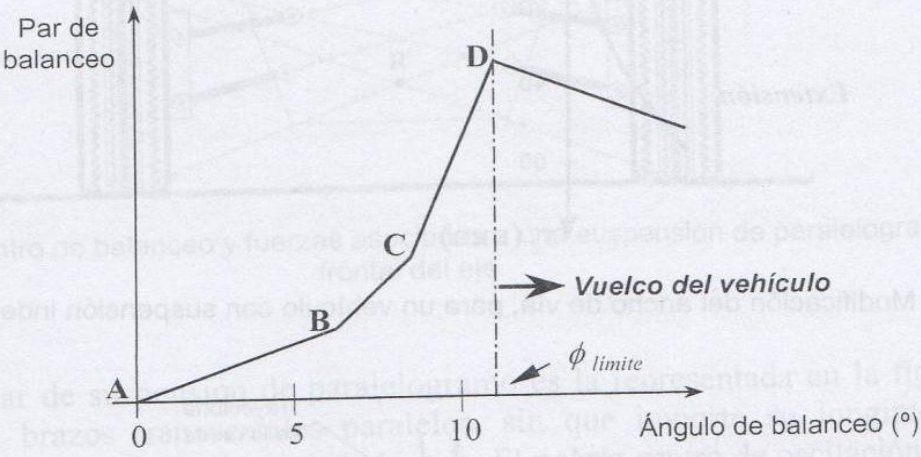


Figura 3.42 Representación del par de balanceo en función del ángulo de balanceo

EL CENTRO DE BALANCEO

El centro de balanceo (**R**) se define como el punto, en el plano vertical transversal al vehículo que contiene los centros geométricos de cualquier par de ruedas, en el que se pueden aplicar fuerzas laterales a la masa suspendida sin que se produzca un balanceo de la suspensión. El centro de balanceo representa el centro instantáneo de rotación de la masa suspendida, respecto a la masa semisuspendida.

La idea de centro de balanceo resulta muy útil, pues la altura del centro de balanceo resume el efecto de la geometría de la suspensión y caracteriza el comportamiento del vehículo ante acciones, tan comunes como importantes, como es el paso por una curva. Si se conoce la altura del centro de balanceo, se puede calcular el ángulo de balanceo y la transferencia de carga en los ejes delantero y trasero. Esto resulta importante para caracterizar la estabilidad y conducción del vehículo bajo grandes aceleraciones laterales, ya que permite determinar las fuerzas resultantes sobre cada neumático y, por tanto, analizar la dinámica transversal del vehículo. Es decir, la altura de balanceo se puede utilizar para resumir las características de la transferencia de carga a las ruedas de una determinada suspensión.

© ITES - Paraninfo

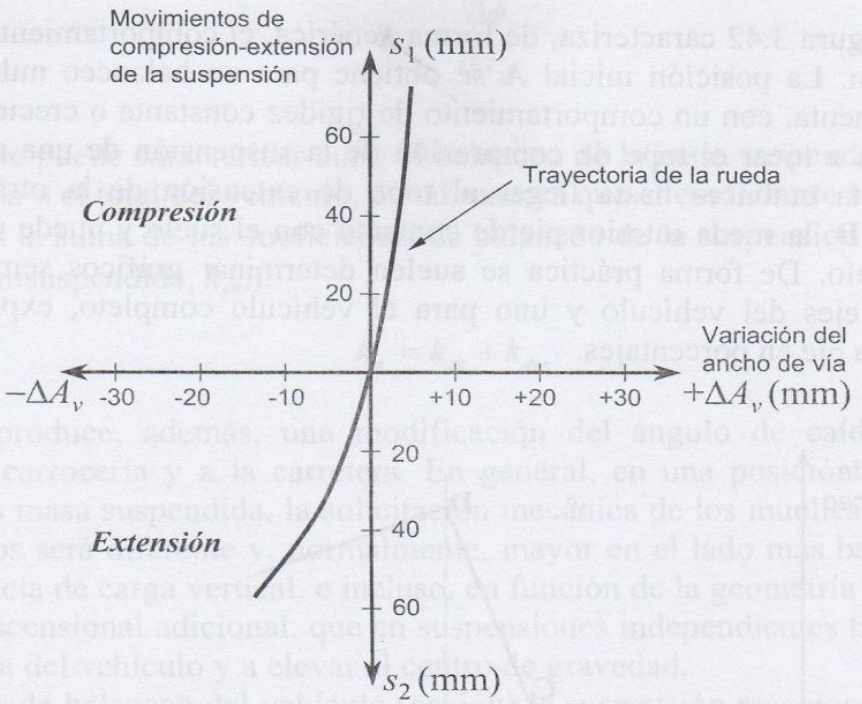


Figura 3.43 Modificación del ancho de vía, para un vehículo con suspensión independiente

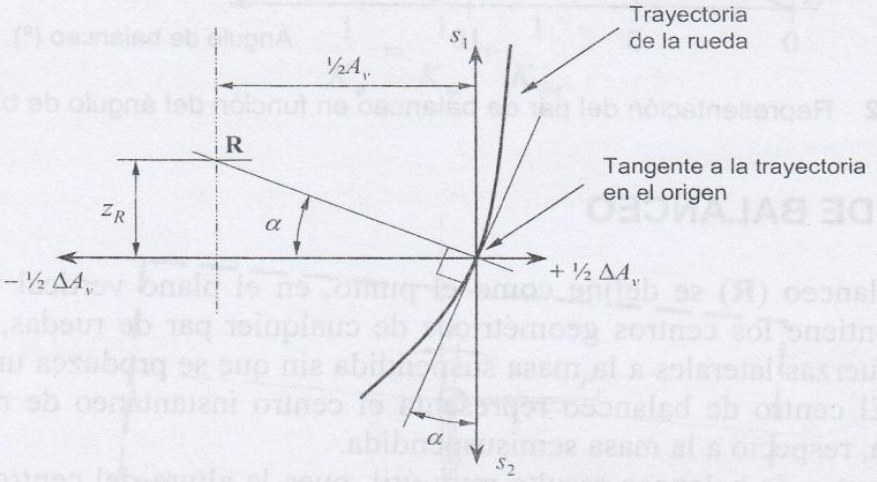


Figura 3.44 Obtención gráfica del centro de balanceo a partir de la curva de modificación del ancho de vía, para un vehículo con suspensión independiente

La variación del ancho de vía, para la obtención del centro de balanceo según la figura 3.44, requiere la medición de la variación del ancho de vía con movimientos de compresión-extensión de la suspensión. Este procedimiento puede ser realizado con el vehículo objeto de estudio u otro exactamente igual (en lo relativo a configuración general).

© *ITES - Paraninfo*

La determinación completamente gráfica, a partir de un esquema a escala, del centro de balanceo de una suspensión de paralelogramo, se muestra en la figura 3.45. La prolongación de los brazos se cortan en los puntos **E**, que tras unirlos con los centro de las huellas de contacto con el suelo, determinan la posición del centro de balanceo (**R**). La altura se mide sobre la construcción gráfica teniendo en cuenta la escala utilizada en el dibujo.

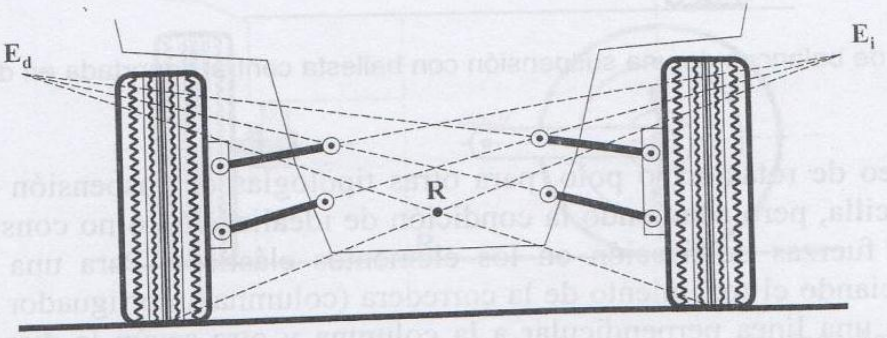


Figura 3.45 Centro de balanceo y fuerzas asociadas a una suspensión de paralelogramo. Vista frontal del eje

Un caso particular de suspensión de paralelogramo es la representada en la figura 3.46, donde se tienen brazos transversales paralelos, sin que importe su longitud para la determinación de la altura del centro de balanceo. El polo o centro de oscilación (c.i.r.) de la rueda respecto a la carrocería está en el infinito, por ser los brazos paralelos.

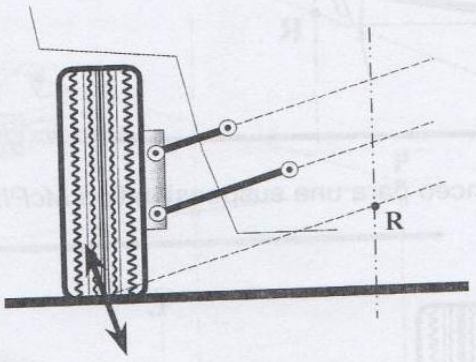


Figura 3.46 Esquema para la obtención del centro de balanceo de una suspensión de paralelogramo, con brazos paralelos. Vista frontal

Otro tipo de suspensión independiente que se puede analizar es la representada en la figura 3.47, donde además de un brazo inferior se ha emplazado una ballesta transversal apoyada en (**C**). En esta configuración la obtención del centro de balanceo equivale, a todos los efectos, a una configuración de paralelogramo.

© ITES - Paraninfo

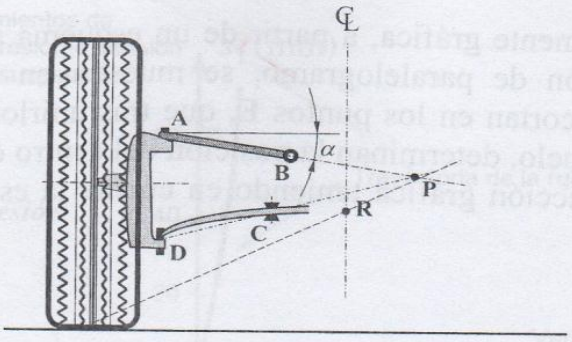


Figura 3.47 Centro de balanceo de una suspensión con ballesta central soportada en dos puntos

El centro instantáneo de rotación, o polo, para otras tipologías de suspensión se puede hallar de forma sencilla, pero añadiendo la condición de idealización o no consideración de los pares y las fuerzas de fricción en los elementos elásticos. Para una columna *McPherson*, despreciando el rozamiento de la corredera (columna amortiguador + muelle helicoidal), se traza una línea perpendicular a la columna y otra según la dirección del brazo o trapecio inferior y su unión con la carrocería, como se muestra en la figura 3.48.

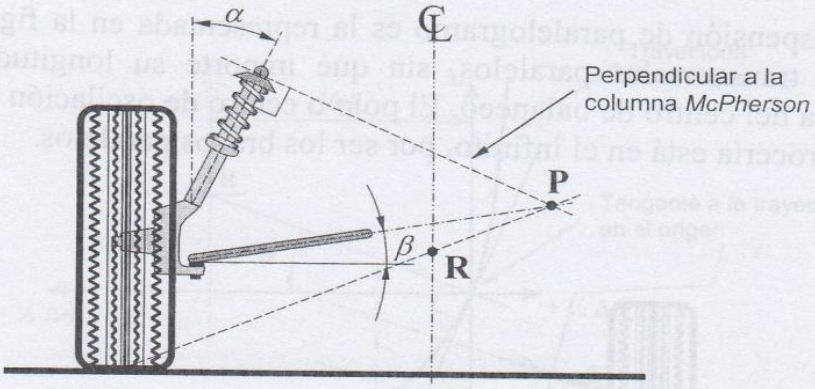


Figura 3.48 Centro de balanceo para una suspensión tipo *McPherson*. Vista frontal

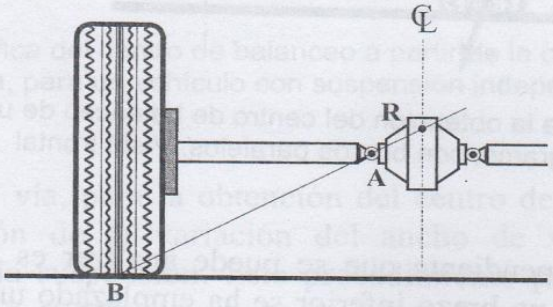


Figura 3.49 Centro de balanceo para una suspensión de semiejes oscilantes. Vista frontal

© *ITES - Paraninfo*

se denominará **semiindependiente**, por ser funcionalmente intermedia entre las dos anteriores. Dentro de esta clasificación, y de forma adicional, también es habitual clasificarlas en delanteras y traseras.

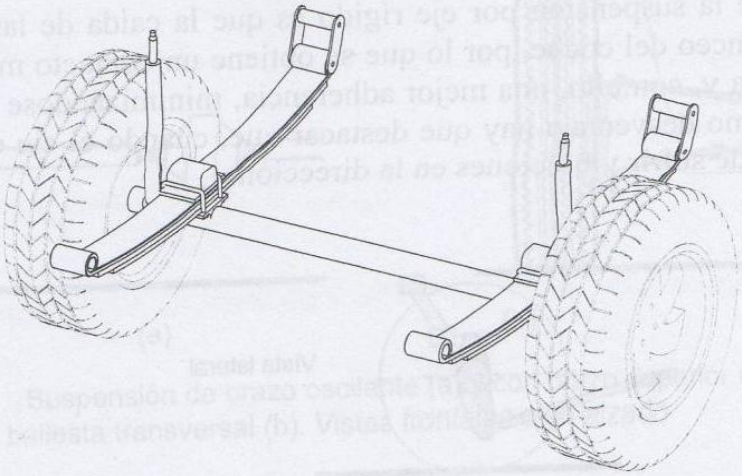


Figura 3.15 Suspensión trasera de eje rígido con ballestas

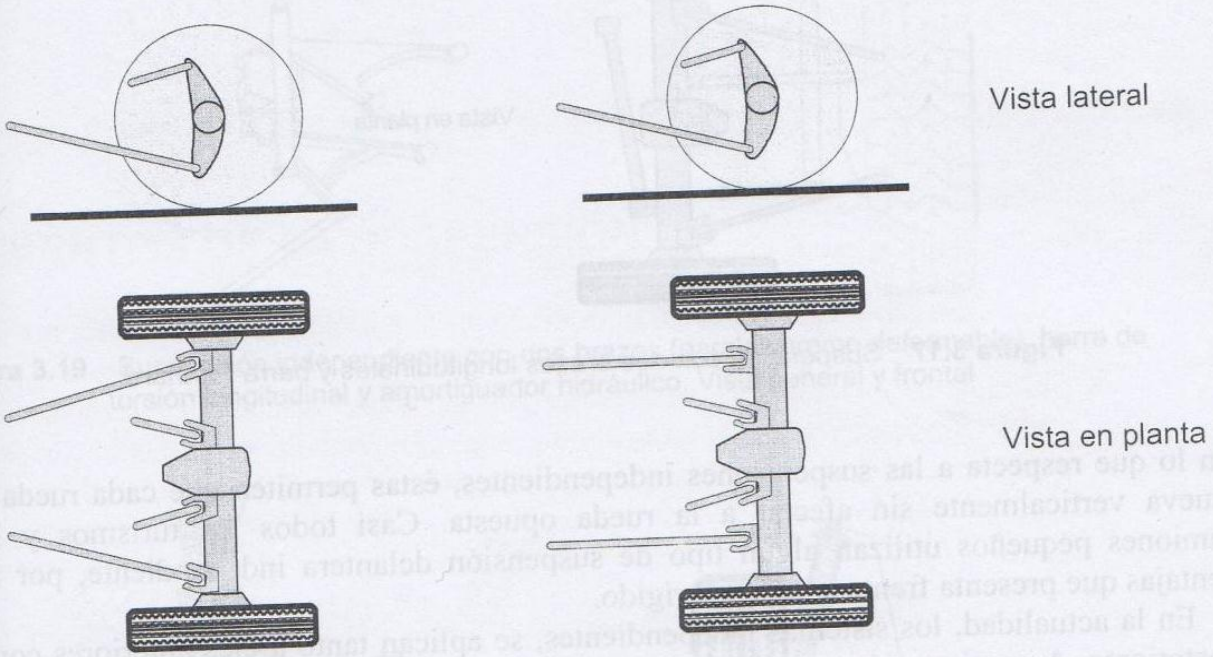


Figura 3.16 Sistemas de anclaje de ejes rígidos con cuatro barras, siendo las dos inferiores paralelas o no.

Básicamente puede decirse que una suspensión de *eje rígido* es aquella en la que las ruedas se unen a los extremos de una barra o elemento rígido, pudiendo girar independientemente, aunque cualquier otro movimiento de una de las ruedas se transmite

© ITES - Paraninfo

a la rueda opuesta, haciendo que ambas señalen en la misma dirección y tengan la misma caída. La suspensión mediante eje rígido motriz se utiliza en el eje trasero de muchos vehículos de turismo antiguos, vehículos de turismo americanos, todoterrenos y en la mayoría de los camiones, mientras que en el eje delantero se utiliza en vehículos con tracción a las cuatro ruedas y camiones pesados, sin que se encuentre en turismos. La principal ventaja de la suspensión por eje rígido es que la caída de las ruedas no se ve afectada por el balanceo del coche, por lo que se obtiene un contacto más uniforme entre la rueda y la calzada y, con ello, una mejor adherencia, minimizándose así el desgaste de los neumáticos. Como desventaja hay que destacar que, cuando el eje es además motriz, es muy susceptible de sufrir vibraciones en la dirección.

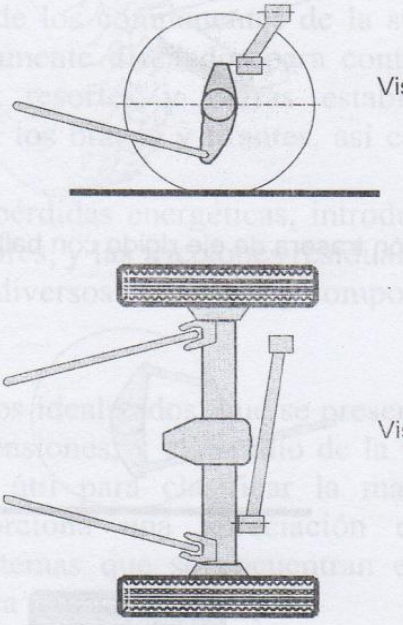


Figura 3.17 Suspensión con dos brazos longitudinales y barra *Panhard*

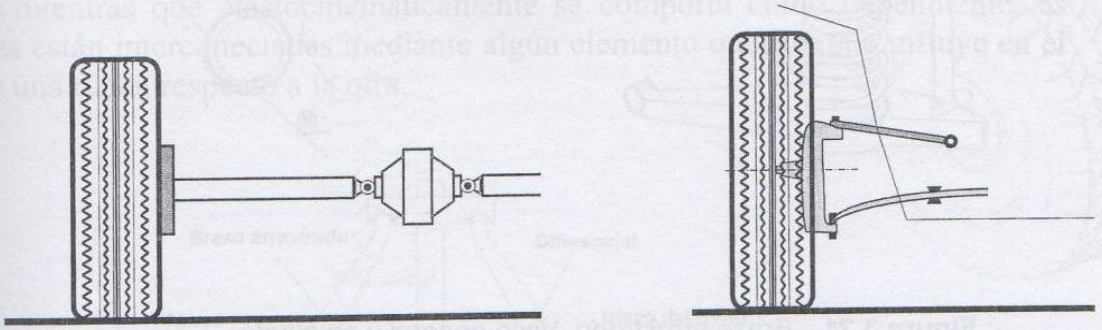
En lo que respecta a las suspensiones independientes, éstas permiten que cada rueda se mueva verticalmente sin afectar a la rueda opuesta. Casi todos los turismos y los camiones pequeños utilizan algún tipo de suspensión delantera independiente, por las ventajas que presenta frente a la de eje rígido.

En la actualidad, los sistemas independientes, se aplican tanto a ejes anteriores como posteriores. A continuación se comentan las configuraciones aplicables más comúnmente utilizadas, tanto para ejes anteriores como posteriores.

- ✓ Semiejes oscilantes
- ✓ Ballestas transversales
- ✓ Suspensión de paralelogramo deformable
- ✓ Suspensión *McPherson*

© *ITES - Paraninfo*

- ✓ Suspensión de brazos arrastrados
- ✓ Suspensión de brazos semiarrastrados
- ✓ Suspensiones multibrazo



(a) (b)

Figura 3.18 Suspensión de brazo oscilante (a) y con brazo superior rígido y ballesta transversal (b). Vistas frontales o en alzado

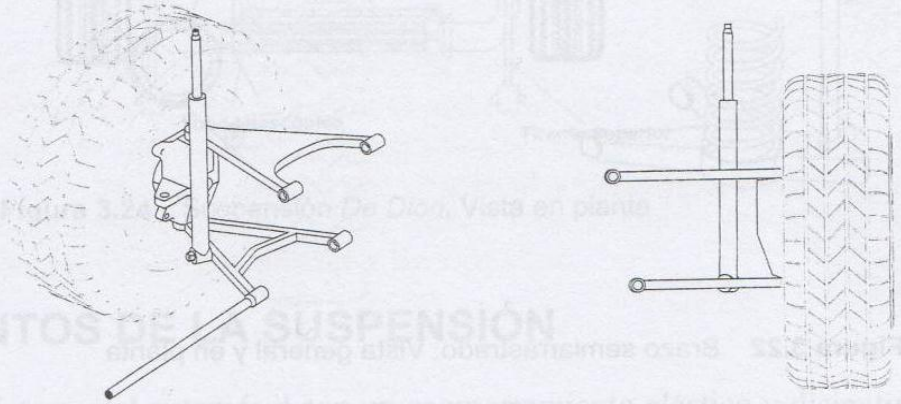


Figura 3.19 Suspensión independiente con dos brazos (paralelogramo deformable), barra de torsión longitudinal y amortiguador hidráulico. Vista general y frontal

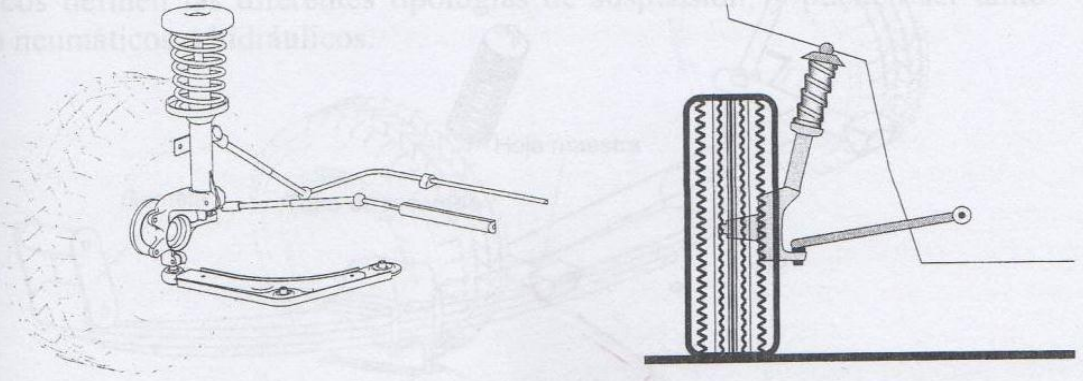


Figura 3.20 Suspensión independiente con un brazo y un conjunto rótula+corredera (Columna *McPherson)*. Vista general y frontal

© ITES - Paraninfo

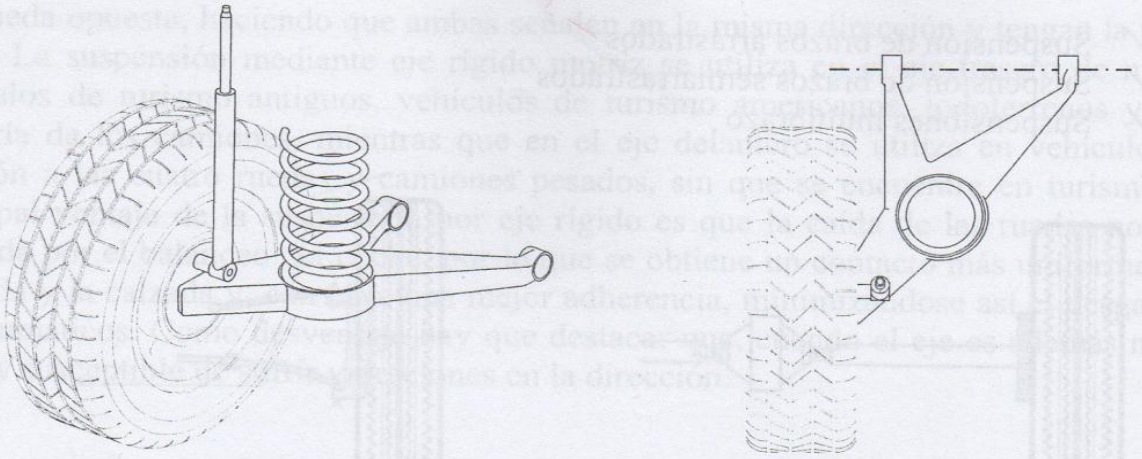


Figura 3.21 Brazo arrastrado. Vista general y en planta

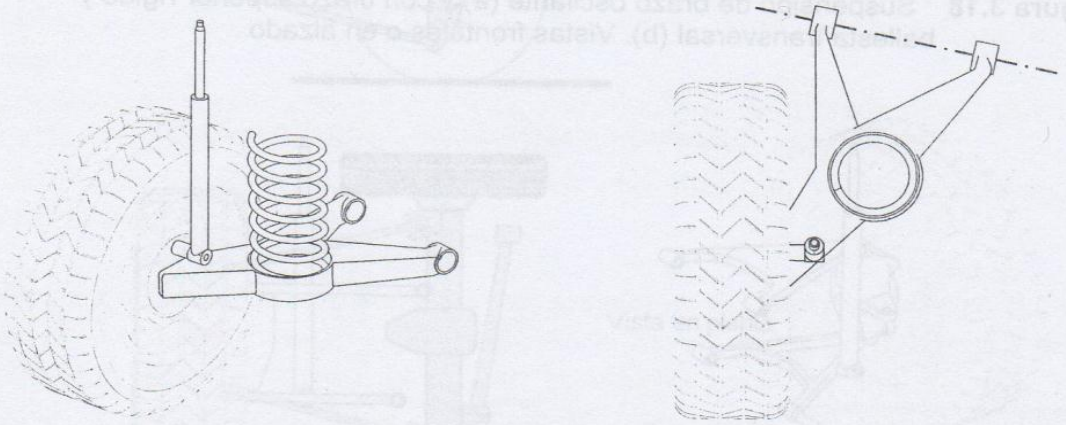


Figura 3.22 Brazo semiarrastrado. Vista general y en planta

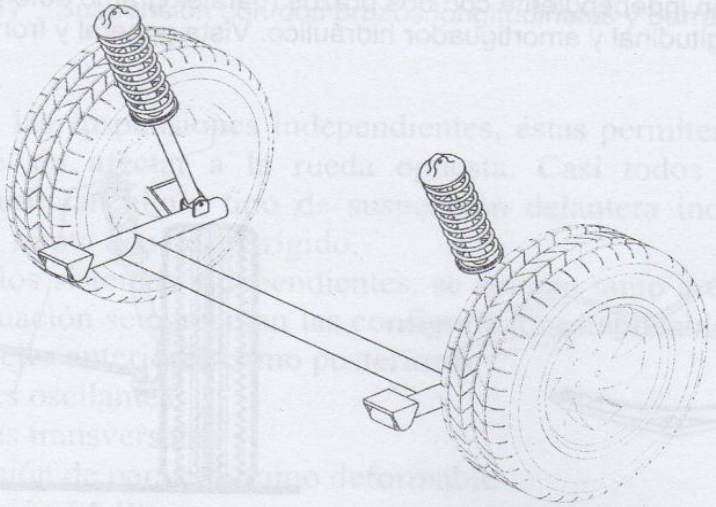


Figura 3.23 Suspensión semiindependiente de brazos arrastrados

© *ITES - Paraninfo*

Finalmente, como suspensiones semiindependientes pueden considerarse todas aquellas suspensiones cuyo comportamiento es intermedio entre el de una suspensión de eje rígido y una independiente. Si se analiza cinemáticamente, la suspensión se comporta como independiente, mientras que elastocinemáticamente se comporta como dependiente, es decir, las ruedas están interconectadas mediante algún elemento que limita e influye en el movimiento de una rueda respecto a la otra.

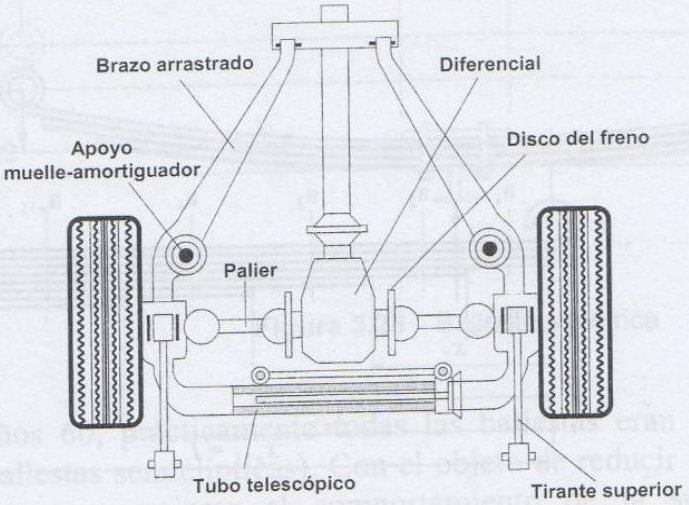


Figura 3.24 Suspensión *De Dion*. Vista en planta

3.3 ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN

La suspensión es un sistema del automóvil con un comportamiento elástico y disipativo al mismo tiempo, cuyo resultado dinámico se puede definir como vibratorio amortiguado. Se compone, por tanto, de elementos elásticos, que almacenan energía e idealmente la devuelven de forma íntegra, y disipativos, que amortiguan los movimientos. Los elementos elásticos definen las diferentes tipologías de suspensión, y pueden ser tanto mecánicos como neumáticos o hidráulicos.

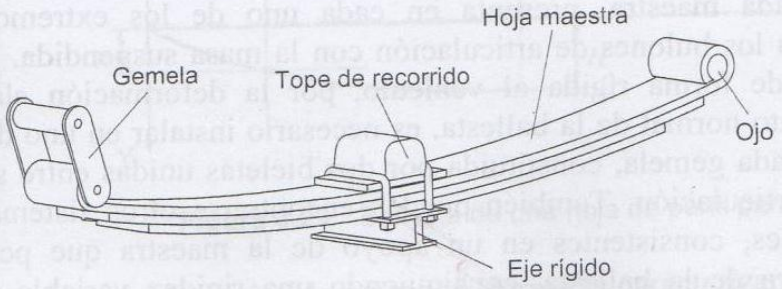


Figura 3.25 Conjunto de la ballesta y fijaciones

© ITES - Paraninfo

BALLESTAS

Las ballestas constituyen uno de los componentes más comunes dentro de los elementos elásticos mecánicos usados en la historia del automóvil. Aunque hoy en día no sean habituales en turismos, siguen siendo de aplicación extensiva en vehículos industriales, todoterrenos, y en general en vehículos con solicitaciones mecánicas importantes. En algunos casos están siendo sustituidas o complementadas con sistemas hidráulicos o neumáticos. Su comportamiento se puede definir como el de un resorte metálico de flexión.

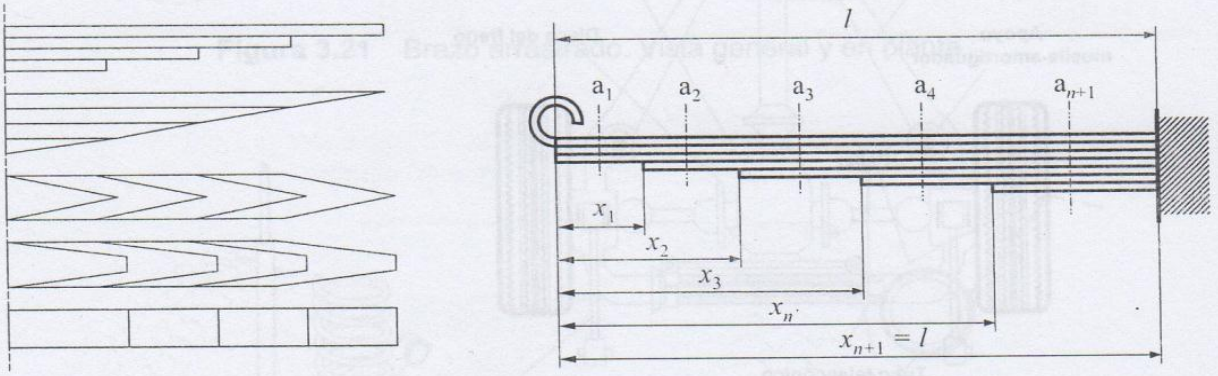


Figura 3.26 Extremos de una ballesta

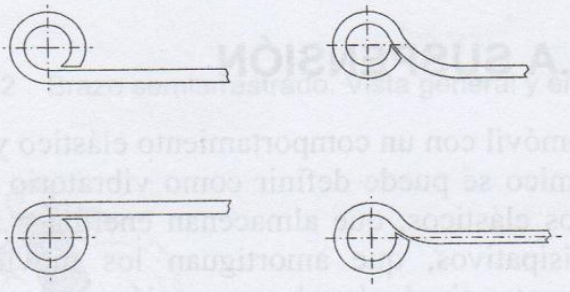


Figura 3.27 Diversas tipologías de ojos (normal e invertido)

La hoja superior, denominada maestra, presenta en cada uno de los extremos un alojamiento (ojo) destinado a los bulones de articulación con la masa suspendida. Dado que no pueden ser fijadas de forma rígida al vehículo, por la deformación elástica existente en el comportamiento normal de la ballesta, es necesario instalar en uno de sus extremos una pieza denominada gemela, constituida por dos bieletas unidas entre sí por dos bulones que hacen de articulación. También pueden encontrarse otros sistemas de fijación como son los patines, consistentes en un apoyo de la maestra que permite modificar la longitud efectiva de la ballesta, consiguiendo una rigidez variable de la

© ITES - Paraninfo

misma. Otras configuraciones más complejas consisten en combinaciones en paralelo de dos etapas (ballesta principal + ballestín auxiliar). Con estas soluciones se consigue un aumento de la rigidez del conjunto ante cargas elevadas o grandes deformaciones de la suspensión, con objeto de conseguir condiciones favorables de estabilidad y confort.

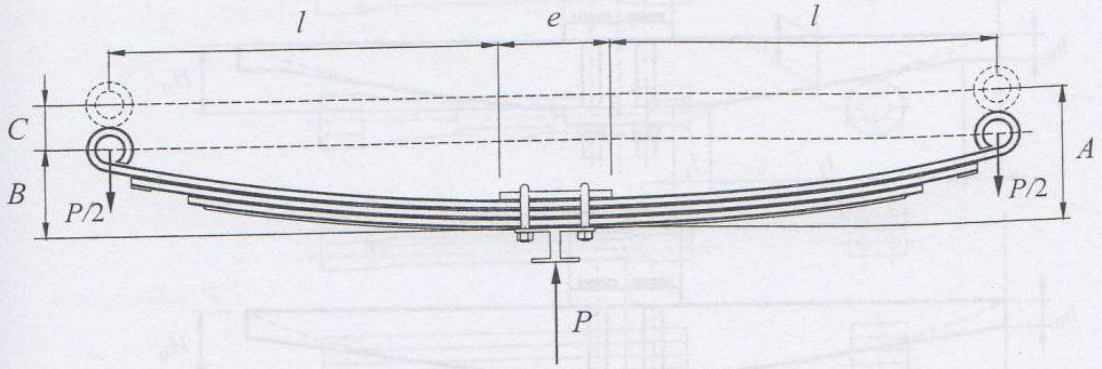


Figura 3.28 Ballesta simétrica

Hasta los años 60, prácticamente todas las ballestas eran de hojas planas de espesor constante (ballestas semielípticas). Con el objeto de reducir las fricciones entre las hojas de las ballestas y mejorar el comportamiento de la suspensión, se desarrollaron suspensiones con ballestas de espesor variable, siguiendo un perfil generalmente parabólico. Estas hojas tienen un mayor espesor en el centro (constante en la zona de embridaje), disminuyendo al acercarse a los extremos.

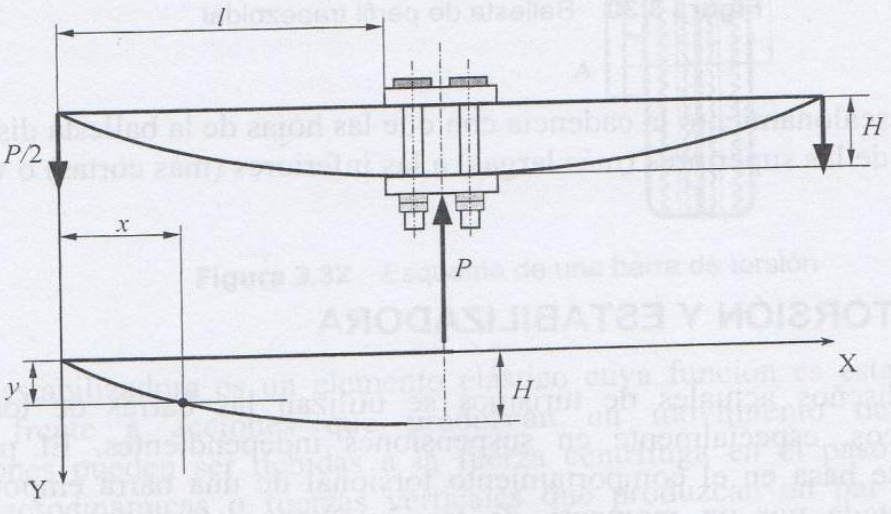


Figura 3.29 Ballesta de una hoja de perfil parabólico

Las ballestas de varias hojas de grueso uniforme se caracterizan por:

- Flexibilidad

© ITES - Paraninfo

- Espesor de las hojas
- Anchura de las hojas
- Escalonamiento (uniforme o no uniforme)

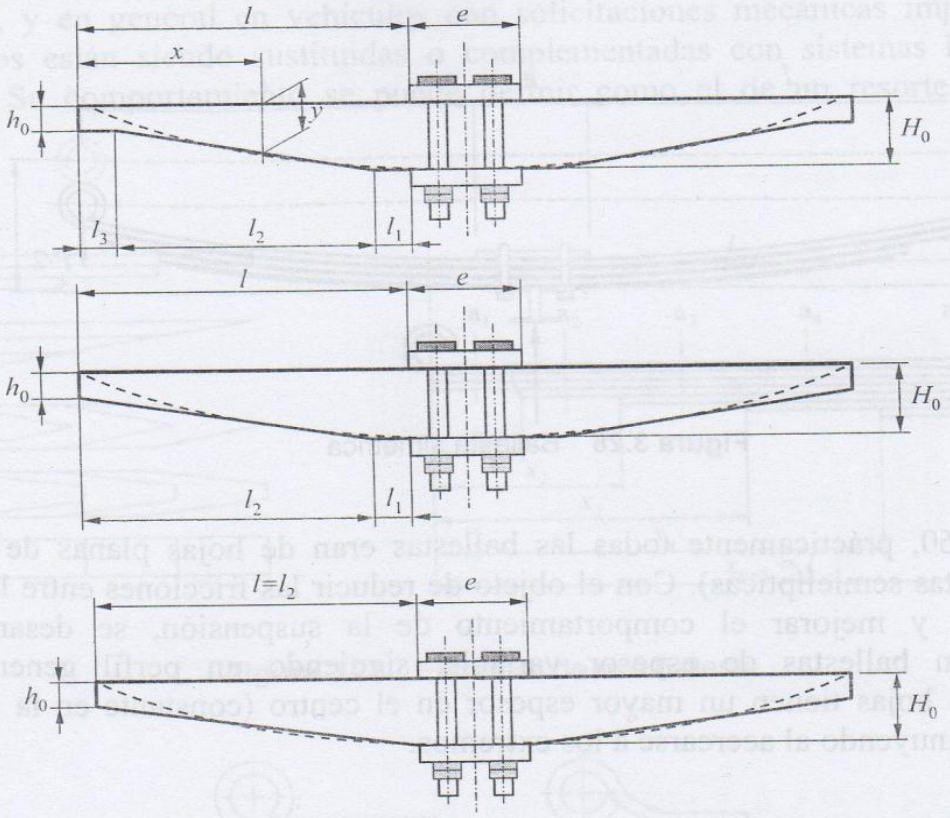


Figura 3.30 Ballesta de perfil trapezoidal

Se entiende por escalonamiento la cadencia con que las hojas de la ballesta disminuyen su longitud al pasar de las superiores (más largas) a las inferiores (más cortas) o viceversa en las invertidas.

BARRAS DE TORSIÓN Y ESTABILIZADORA

En numerosos diseños actuales de turismos se utilizan las barras de torsión como elementos elásticos, especialmente en suspensiones independientes. El principio de funcionamiento se basa en el comportamiento torsional de una barra empotrada en un extremo y solicitada por un momento de torsión en el otro. La barra se deforma elásticamente, retornando a la posición de deflexión estática cuando cesa la solicitación.

© *ITES - Paraninfo*

Habitualmente se fabrican en barra de acero o materiales compuestos con secciones tanto cilíndricas como cuadradas o hexagonales. Existen otros modelos formados por láminas superpuestas, dispuestas como en una ballesta, trabajando en conjunto a torsión.

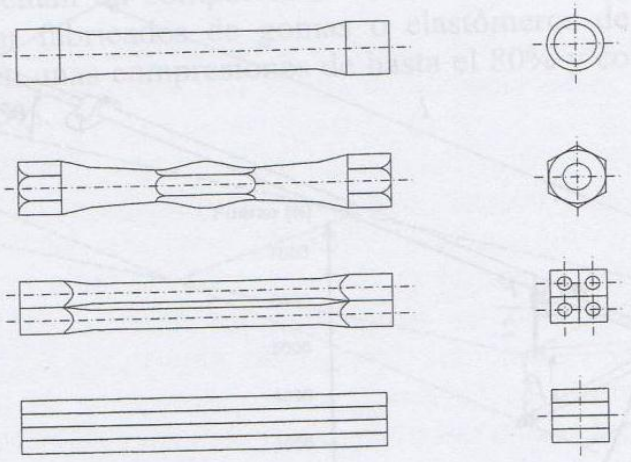


Figura 3.31 Tipologías de barras de torsión

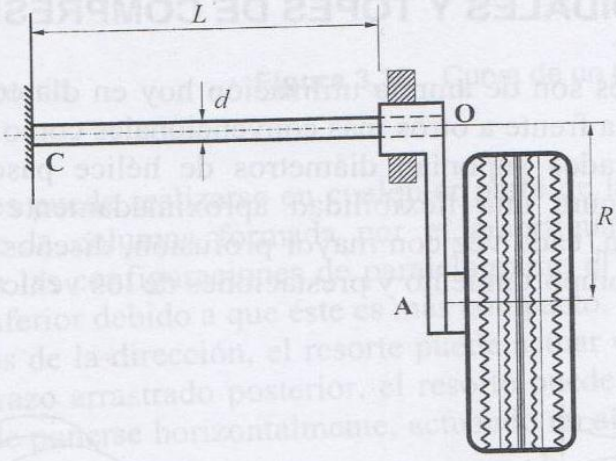


Figura 3.32 Esquema de una barra de torsión

La barra estabilizadora es un elemento elástico cuya función es estabilizar la caja del vehículo frente a acciones que produzcan un movimiento de balanceo. Estas solicitaciones pueden ser debidas a la fuerza centrífuga en el paso por una curva, a acciones aerodinámicas o fuerzas verticales que produzcan un par de vuelco lateral. Aunque puedan existir estabilizadores longitudinales (que regulan la transferencia de carga entre ejes frente a dinámicas de aceleración o frenado), la configuración más típica de estas barras es transversal, uniendo elásticamente las ruedas de un mismo eje, con el objetivo de oponerse al par de vuelco del vehículo que origina una transferencia de carga

© ITES - Paraninfo

entre las ruedas. Con esto se incide de forma directa sobre la adherencia y la seguridad del vehículo. Por consiguiente, la barra estabilizadora, anclada a la carrocería, uniendo ambas ruedas y trabajando a torsión regula el balanceo e intenta mantener la estabilidad.

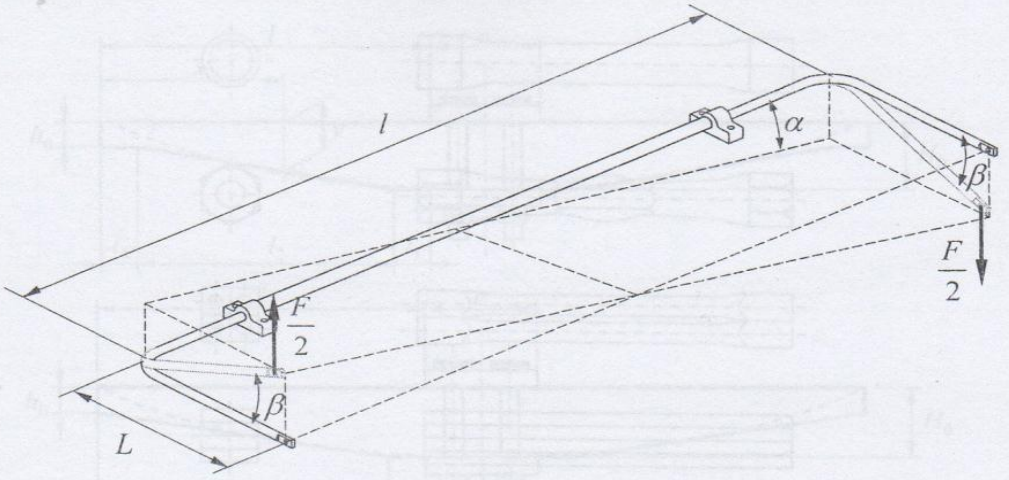


Figura 3.33 Esquema funcional de una barra estabilizadora

MUELLES HELICOIDALES Y TOPES DE COMPRESIÓN

Los resortes helicoidales son de amplia utilización hoy en día como elementos elásticos acumuladores de energía frente a otros más convencionales como las ballestas. Si bien los primeros diseños aplicados suponían diámetros de hélice paso y sección transversal constante, lo cual asegura una flexibilidad aproximadamente constante, hoy en día también se implementan, cada vez con mayor profusión, diseños variables, en un intento de adaptarse mejor al comportamiento y prestaciones de los vehículos modernos.

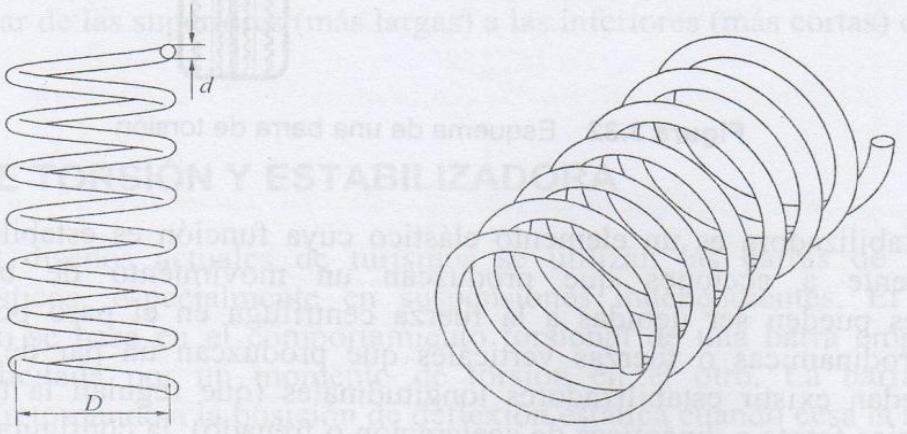


Figura 3.34 Muelle helicoidal

© ITES - Paraninfo

Además de los muelles helicoidales, en los sistemas de suspensión pueden aparecer topes de compresión que absorben grandes fuerzas en deformaciones pequeñas. Pueden situarse dentro de muelles helicoidales o alojarse directamente en el eje o brazos de suspensión. Además, pueden existir muelles suplementarios que actúan de manera similar a los topes de compresión, aunque presentan un comportamiento más suave y altamente no lineal. Estos elementos suelen estar fabricados de gomas o elastómeros de poliuretano, con burbujas de aire que permiten unas compresiones de hasta el 80% y con incrementos del diámetro de únicamente el 35%.

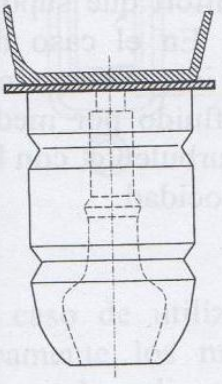


Figura 3.35 Muelle suplementario

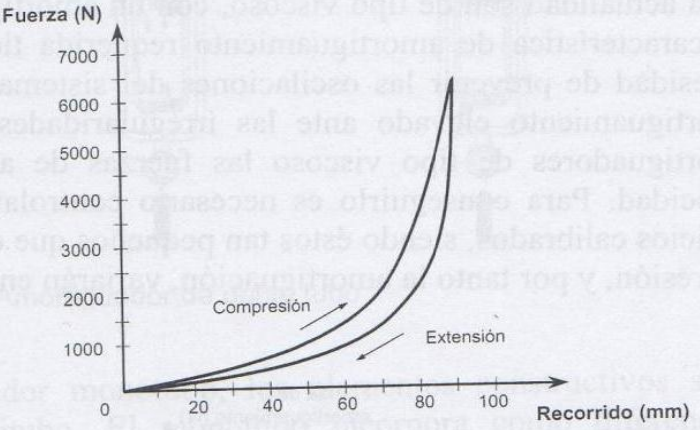


Figura 3.36 Curva de un muelle suplementario

La ubicación de los muelles puede realizarse en cualquier parte de la suspensión, como, por ejemplo, alrededor de la columna formada por el amortiguador (montaje de la columna *McPherson*). Para las configuraciones de paralelogramo el resorte suele operar normalmente en el brazo inferior debido a que éste es más compacto. Cuando este espacio está ocupado por elementos de la dirección, el resorte puede actuar en el brazo superior. Para configuraciones de brazo arrastrado posterior, el resorte puede actuar directamente en el brazo, o incluso puede ponerse horizontalmente, actuando en algún tipo de lengüeta o prolongación.

En general, la compresión o extensión del resorte es diferente del desplazamiento de la rueda, y su proporción no es constante. La fuerza del resorte es generalmente mayor que la que actúa sobre la rueda, con una rigidez eficaz que normalmente aumenta con la elevación de la misma (compresión de la suspensión), lo que se puede conseguir mediante diseños adecuados de varillajes o en función de las características del resorte. El gas (suspensiones neumáticas e hidroneumáticas) y los resortes de caucho tienen este tipo de comportamiento debido al propio material. Los resortes espirales de acero pueden presentar este comportamiento si se espacian las espiras irregularmente, o si el diámetro del alambre se adelgaza, para que se cierren progresivamente. Las ballestas de hojas se

© ITES - Paraninfo

comportarán de este modo si inicialmente están separadas o se instalan ballestines auxiliares.

EL AMORTIGUADOR

El amortiguador disipa en forma de calor la energía cinética de la suspensión, originada por la dinámica de la masa suspendida o por las perturbaciones de la carretera, para permitir que el conjunto vuelva a su posición neutra de forma controlada, evitando el rebote del neumático y la pérdida del control del vehículo. Los amortiguadores utilizados en la actualidad son de tipo viscoso, con un amortiguamiento variable de tipo hidráulico. La característica de amortiguamiento requerida tiene que ser un compromiso entre la necesidad de prevenir las oscilaciones del sistema y la falta de confort que supone un amortiguamiento elevado ante las irregularidades de la carretera. En el caso de los amortiguadores de tipo viscoso las fuerzas de amortiguación se incrementan con la velocidad. Para conseguirlo es necesario controlar el paso de un fluido por medio de orificios calibrados, siendo éstos tan pequeños que el flujo debe ser turbulento, con lo que la presión, y por tanto la amortiguación, variarán en función de la velocidad.

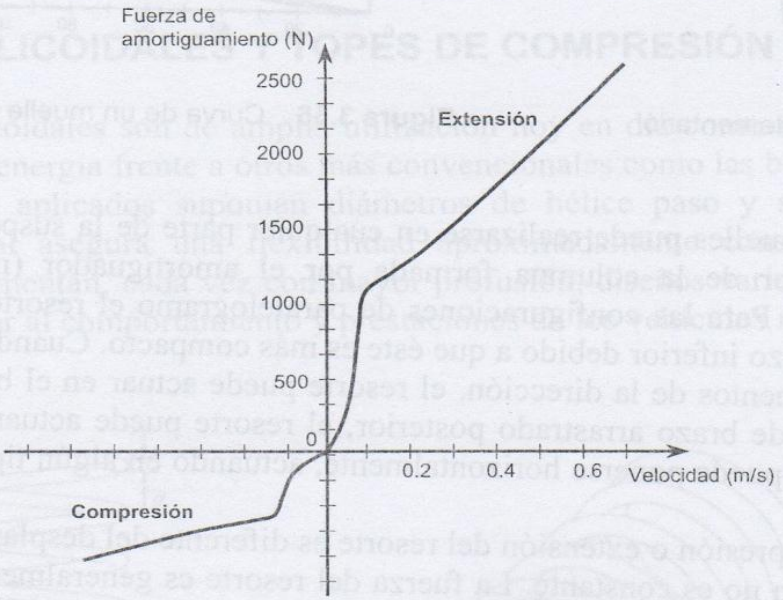


Figura 3.37 Curvas de comportamiento de un amortiguador

Los amortiguadores hidráulicos telescópicos pueden ser de doble tubo o monotubo, siendo el primero de ellos el más común. En un diseño bitubo se combina la acción del paso del fluido a través del pistón con el desplazamiento del fluido hacia/desde una cámara concéntrica.

© *ITES - Paraninfo*

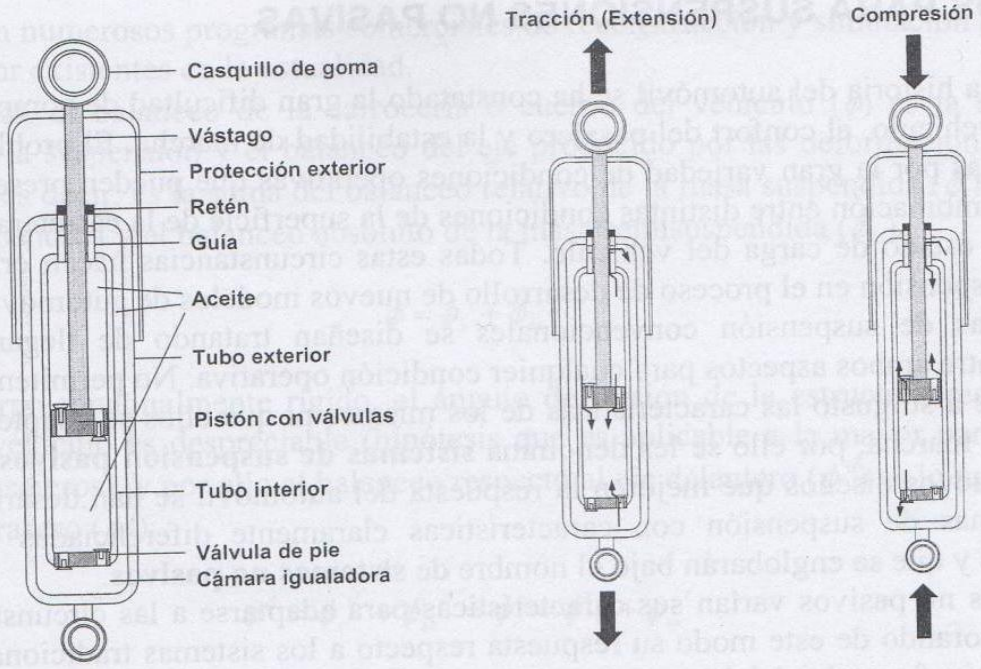


Figura 3.38 Amortiguador de doble tubo

En el caso de utilizar un amortiguador monotubo, los elementos constructivos son prácticamente los mismos que el bitubo. El monotubo incorpora como diferencia fundamental un dispositivo de cierre de la parte inferior del área de trabajo por medio de un pistón flotante en contacto con el fluido y soportado por la presión de un gas en su parte inferior (nitrógeno).

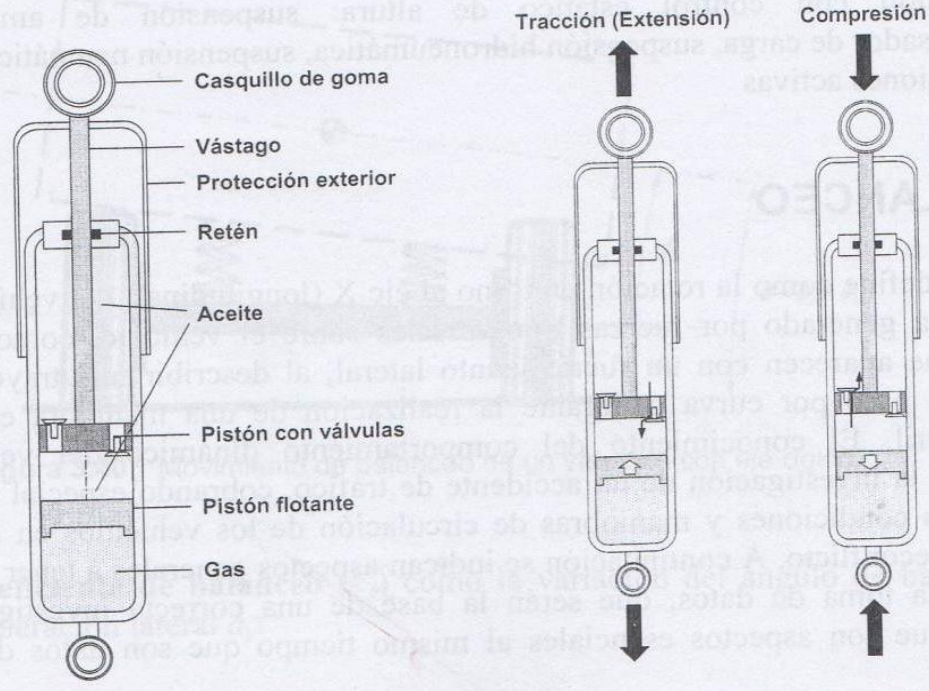


Figura 3.39 Aspecto y componentes de un amortiguador monotubo

© ITES - Paraninfo

ELEMENTOS PARA SUSPENSIONES NO PASIVAS

A lo largo de la historia del automóvil se ha constatado la gran dificultad de compaginar, en un mismo vehículo, el confort del pasajero y la estabilidad de marcha. El problema se agudiza aún más por la gran variedad de condiciones operativas que pueden presentarse, debidas a la combinación entre distintas condiciones de la superficie de la carretera con la velocidad y el estado de carga del vehículo. Todas estas circunstancias hacen crítico el diseño de la suspensión en el proceso de desarrollo de nuevos modelos de automóviles.

Los sistemas de suspensión convencionales se diseñan tratando de llegar a un compromiso entre ambos aspectos para cualquier condición operativa. No permiten que el conductor varíe a su gusto las características de los mismos ni que ellos se adapten a las condiciones de marcha, por ello se les denomina **sistemas de suspensión pasivos**. En la búsqueda de nuevos diseños que mejoren la respuesta del automóvil se han desarrollado diversos sistemas de suspensión con características claramente diferenciadas de los convencionales y que se englobarán bajo el nombre de **sistemas no pasivos**.

Los sistemas no pasivos varían sus características para adaptarse a las circunstancias operativas, mejorando de este modo su respuesta respecto a los sistemas tradicionales de suspensión. Están formados básicamente por dispositivos y captadores que controlan en tiempo real las condiciones de marcha y gobiernan los actuadores integrados en el sistema de suspensión, variando las fuerzas de reacción de la suspensión.

Los sistemas no pasivos se pueden clasificar en función del grado o capacidad de adaptación que tiene cada uno de los sistemas que la componen. Si se tienen en cuenta únicamente sistemas actuales, omitiendo otros prácticamente en desuso como la suspensión hidroelástica o el diseño *hydragas*, pueden existir:

- Suspensiones semiactivas o adaptativas
- Suspensión con control estático de altura: suspensión de amortiguador compensador de carga, suspensión hidroneumática, suspensión neumática,...
- Suspensiones activas

3.3.4 BALANCEO

El balanceo se define como la rotación en torno al eje X (longitudinal) del vehículo. Este balanceo vendrá generado por fuerzas transversales sobre el vehículo, como son, por ejemplo, las que aparecen con un fuerte viento lateral, al describir una trayectoria no rectilínea en el paso por curva o durante la realización de una maniobra evasiva de cambio de carril. El conocimiento del comportamiento dinámico del vehículo es fundamental en la investigación de un accidente de tráfico, cobrando especial interés en lo relativo a las condiciones y maniobras de circulación de los vehículos en la fase de precolisión o preconflicto. A continuación se indican aspectos generales a tener en cuenta en la fase de la toma de datos, que serán la base de una correcta investigación del accidente, ya que son aspectos esenciales al mismo tiempo que son datos de entrada

© *ITES - Paraninfo*

necesarios en numerosos programas comerciales de reconstrucción y simulación dinámica por ordenador existentes en la actualidad.

En general, el balanceo de la carrocería o cuerpo del vehículo (ϕ) es la suma del balanceo de la suspensión y el balanceo del eje producido por las deformaciones de los neumáticos, es decir, es la suma del balanceo relativo de la masa suspendida (ϕ_s) respecto a la semisuspendida y el balanceo absoluto de la masa semisuspendida (ϕ_{ss}).

$$\phi = \phi_s + \phi_{ss}$$

Para un cuerpo torsionalmente rígido, el ángulo de torsión de la estructura resistente o cuerpo del vehículo es despreciable (hipótesis que es aplicable a la mayor parte de los coches de pasajeros), y por ello el balanceo respecto al eje delantero (ϕ^d) es lo mismo que respecto al trasero (ϕ^t):

$$\phi^d = \phi_s{}^d + \phi_{ss}{}^d = \phi^t = \phi^t{}_s + \phi_{ss}{}^t$$

Pero en la mayoría de los vehículos industriales, para un cálculo exacto del comportamiento dinámico hay que considerar el ángulo de torsión del chasis ζ_{chasis} y entonces:

$$\phi^d = \phi_s{}^d + \phi_{ss}{}^d \quad \phi^t = \phi_s{}^t + \phi_{ss}{}^t \qquad \zeta_{chasis} = \phi^d - \phi^t$$

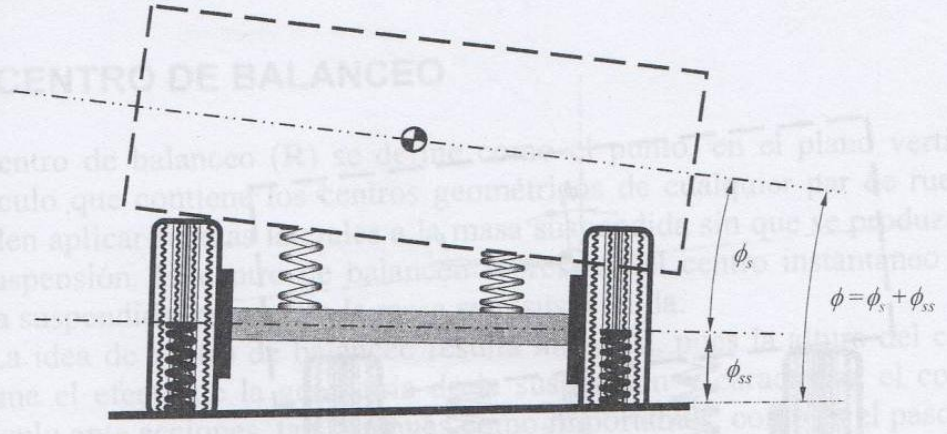


Figura 3.40 Movimiento de balanceo de un vehículo con eje rígido

Se define el **coeficiente de balanceo** (k_ϕ) como la variación del ángulo de balanceo ϕ respecto a la aceleración lateral a_y:

© ITES - Paraninfo

$$k_\phi = \frac{\partial \phi}{\partial a_y}$$

Este coeficiente puede caracterizar tanto el balanceo de la masa suspendida como el de la semisuspendida o el total del vehículo, de tal manera que el **coeficiente total de balanceo** (k_ϕ) representa la suma de los coeficientes de balanceo de la suspensión ($k_{\phi s}$) y del eje (o de la masa semisuspendida, $k_{\phi ss}$).

$$k_\phi = k_{\phi s} + k_{\phi ss}$$

El balanceo produce, además, una modificación del ángulo de caída de las ruedas respecto a la carrocería y a la carretera. En general, en una posición en la que exista balanceo de la masa suspendida, la solicitación mecánica de los muelles de la suspensión en ambos lados será diferente y, normalmente, mayor en el lado más bajo. Esto produce una transferencia de carga vertical, e incluso, en función de la geometría de la suspensión, un esfuerzo ascensional adicional, que en suspensiones independientes tiende a disminuir el ancho de vía del vehículo y a elevar el centro de gravedad.

Ante el par de balanceo del vehículo (acción) la suspensión reacciona con una rigidez (reacción) al balanceo del vehículo K_ϕ suma (adición de muelles en serie) de las rigideces al balanceo de la suspensión $K_{\phi s}$ y el eje $K_{\phi ss}$.

$$\frac{1}{K_\phi} = \frac{1}{K_{\phi s}} + \frac{1}{K_{\phi ss}}$$

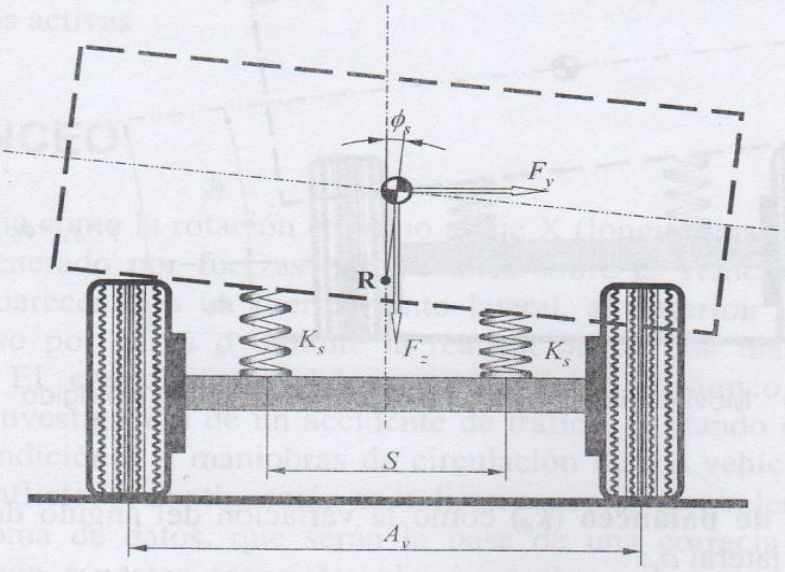


Figura 3.41 Modelo ideal de balanceo de una suspensión de eje rígido

© *ITES - Paraninfo*

El gráfico de la figura 3.42 caracteriza, de forma genérica, el comportamiento a balanceo de una suspensión. La posición inicial **A** se obtiene para un balanceo nulo. De forma habitual se incrementa, con un comportamiento de rigidez constante o creciente, hasta el punto donde llega a tocar el tope de compresión de la suspensión de una rueda (**B**); la rigidez se aumenta entonces hasta llegar al tope de extensión de la otra rueda (**C**). Llegado al punto **D**, la rueda interior pierde contacto con el suelo y puede producirse el vuelco del vehículo. De forma práctica se suelen determinar gráficos semejantes para cada uno de los ejes del vehículo y uno para el vehículo completo, expresándose la aportación de cada eje en porcentajes.

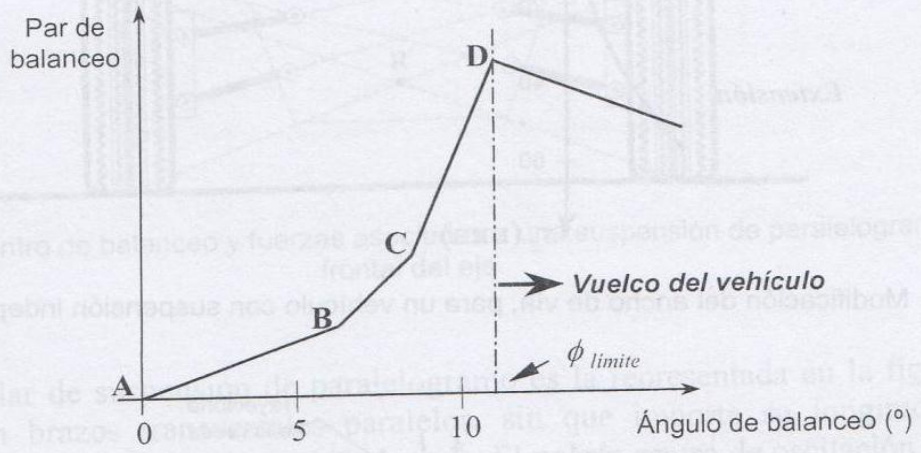


Figura 3.42 Representación del par de balanceo en función del ángulo de balanceo

EL CENTRO DE BALANCEO

El centro de balanceo (**R**) se define como el punto, en el plano vertical transversal al vehículo que contiene los centros geométricos de cualquier par de ruedas, en el que se pueden aplicar fuerzas laterales a la masa suspendida sin que se produzca un balanceo de la suspensión. El centro de balanceo representa el centro instantáneo de rotación de la masa suspendida, respecto a la masa semisuspendida.

La idea de centro de balanceo resulta muy útil, pues la altura del centro de balanceo resume el efecto de la geometría de la suspensión y caracteriza el comportamiento del vehículo ante acciones, tan comunes como importantes, como es el paso por una curva. Si se conoce la altura del centro de balanceo, se puede calcular el ángulo de balanceo y la transferencia de carga en los ejes delantero y trasero. Esto resulta importante para caracterizar la estabilidad y conducción del vehículo bajo grandes aceleraciones laterales, ya que permite determinar las fuerzas resultantes sobre cada neumático y, por tanto, analizar la dinámica transversal del vehículo. Es decir, la altura de balanceo se puede utilizar para resumir las características de la transferencia de carga a las ruedas de una determinada suspensión.

© ITES - Paraninfo

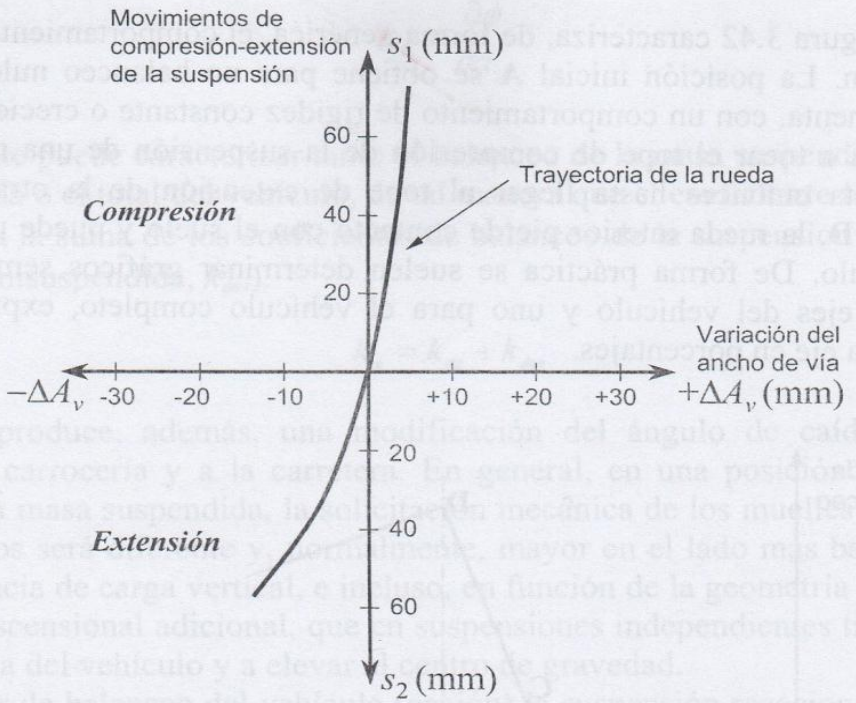


Figura 3.43 Modificación del ancho de vía, para un vehículo con suspensión independiente

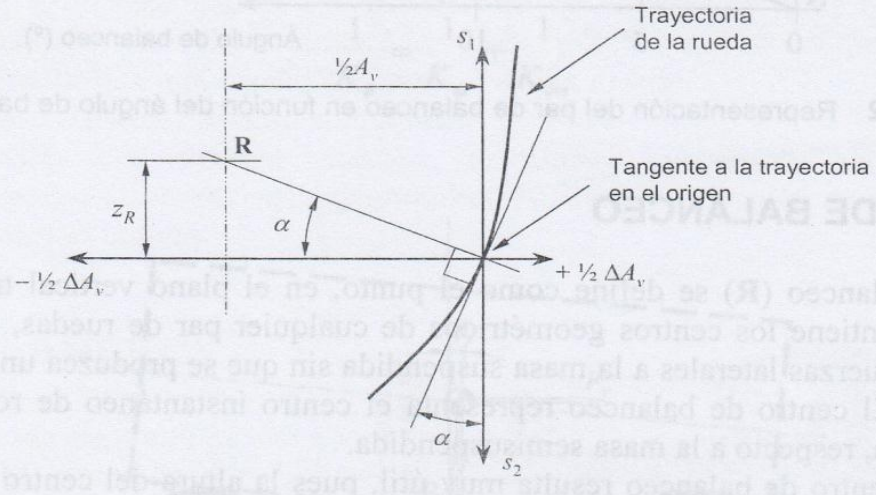


Figura 3.44 Obtención gráfica del centro de balanceo a partir de la curva de modificación del ancho de vía, para un vehículo con suspensión independiente

La variación del ancho de vía, para la obtención del centro de balanceo según la figura 3.44, requiere la medición de la variación del ancho de vía con movimientos de compresión-extensión de la suspensión. Este procedimiento puede ser realizado con el vehículo objeto de estudio u otro exactamente igual (en lo relativo a configuración general).

© *ITES - Paraninfo*

La determinación completamente gráfica, a partir de un esquema a escala, del centro de balanceo de una suspensión de paralelogramo, se muestra en la figura 3.45. La prolongación de los brazos se cortan en los puntos **E**, que tras unirlos con los centro de las huellas de contacto con el suelo, determinan la posición del centro de balanceo (**R**). La altura se mide sobre la construcción gráfica teniendo en cuenta la escala utilizada en el dibujo.

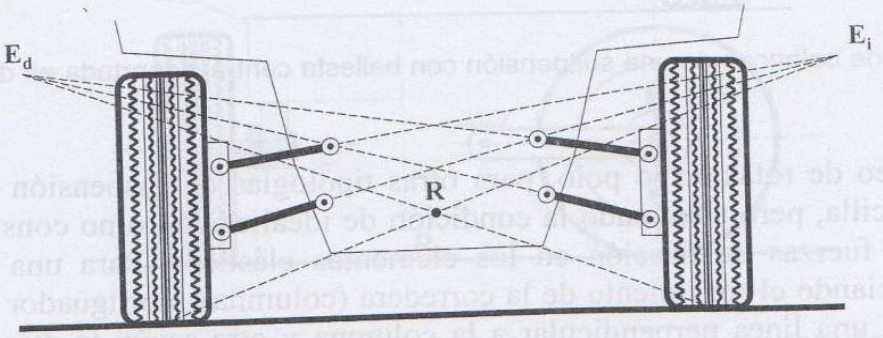


Figura 3.45 Centro de balanceo y fuerzas asociadas a una suspensión de paralelogramo. Vista frontal del eje

Un caso particular de suspensión de paralelogramo es la representada en la figura 3.46, donde se tienen brazos transversales paralelos, sin que importe su longitud para la determinación de la altura del centro de balanceo. El polo o centro de oscilación (c.i.r.) de la rueda respecto a la carrocería está en el infinito, por ser los brazos paralelos.

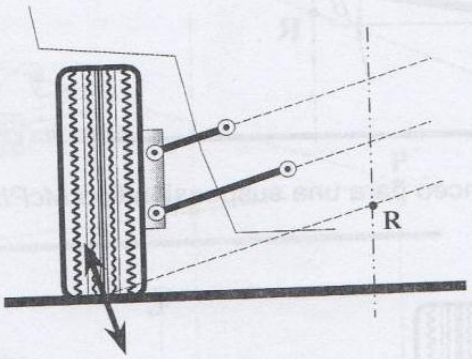


Figura 3.46 Esquema para la obtención del centro de balanceo de una suspensión de paralelogramo, con brazos paralelos. Vista frontal

Otro tipo de suspensión independiente que se puede analizar es la representada en la figura 3.47, donde además de un brazo inferior se ha emplazado una ballesta transversal apoyada en (**C**). En esta configuración la obtención del centro de balanceo equivale, a todos los efectos, a una configuración de paralelogramo.

© ITES - Paraninfo

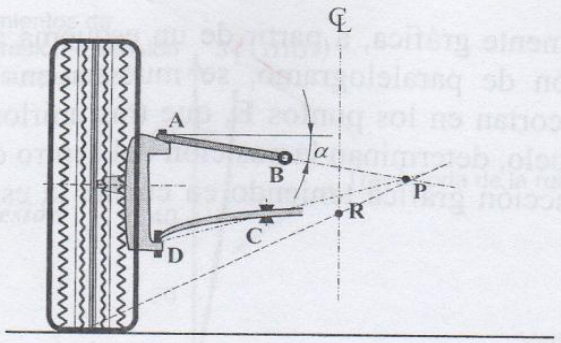


Figura 3.47 Centro de balanceo de una suspensión con ballesta central soportada en dos puntos

El centro instantáneo de rotación, o polo, para otras tipologías de suspensión se puede hallar de forma sencilla, pero añadiendo la condición de idealización o no consideración de los pares y las fuerzas de fricción en los elementos elásticos. Para una columna *McPherson*, despreciando el rozamiento de la corredera (columna amortiguador + muelle helicoidal), se traza una línea perpendicular a la columna y otra según la dirección del brazo o trapecio inferior y su unión con la carrocería, como se muestra en la figura 3.48.

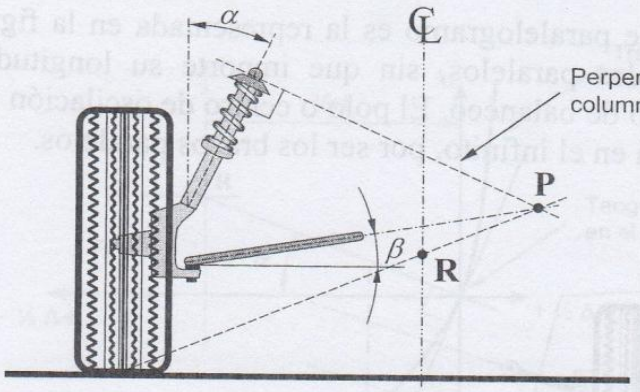


Figura 3.48 Centro de balanceo para una suspensión tipo *McPherson*. Vista frontal

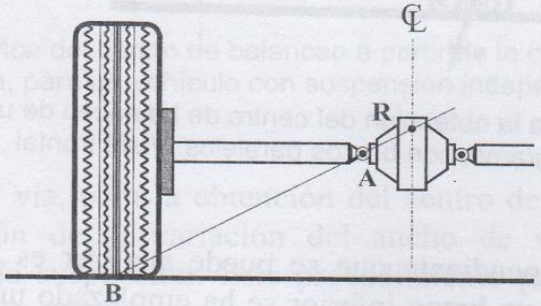


Figura 3.49 Centro de balanceo para una suspensión de semiejes oscilantes. Vista frontal

© *ITES - Paraninfo*

Para la suspensión de semiejes oscilantes, se considera que el centro de balanceo está en la línea que une el pivote (**A**), junto al diferencial, con el centro de la huella de contacto (**B**), dado que no puede haber momento en ese punto. La construcción gráfica, teniendo en cuenta que el centro de balanceo se sitúa, para condiciones simétricas de la suspensión, en el plano medio longitudinal, se detalla en la figura 3.49.

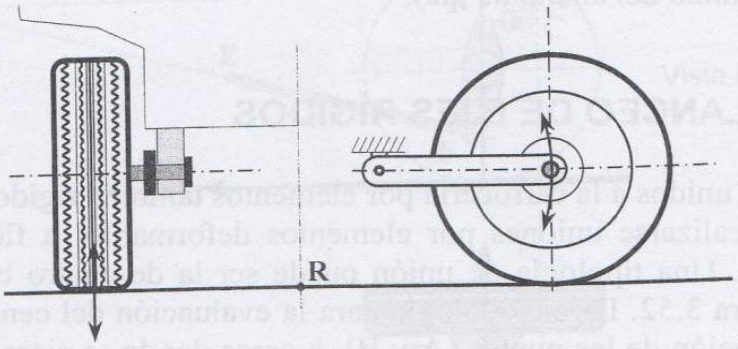


Figura 3.50 Centro de balanceo de una suspensión de brazos arrastrados. Vista frontal y lateral

La figura 3.50 muestra una suspensión de brazos arrastrados, típica de ejes posteriores. Esta suspensión presenta un único brazo de control en cada lado, y por tanto la posición del polo determina el centro de balanceo. Si, como en este caso, el tirante está horizontal, el centro de balanceo se situará en el suelo (estando el polo en el infinito) para pequeñas aceleraciones o solicitaciones transversales. Este tipo de suspensiones presenta la característica de no variar la vía para una deflexión de la suspensión, pero sí la batalla.

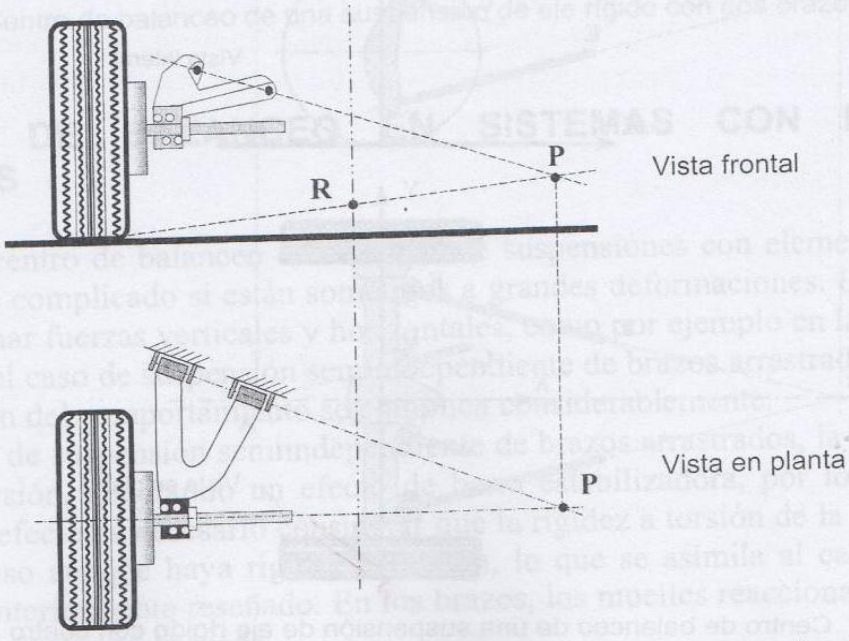


Figura 3.51 Centro de balanceo de una suspensión de brazos semiarrastrados

© ITES - Paraninfo

En el caso de una suspensión de brazos semiarrastrados, el movimiento de la rueda se realiza respecto a un eje que hay que determinar en el espacio tridimensional. El polo, figura 3.51, se obtiene por la intersección de la prolongación del eje de giro, visto en planta, hasta que intersecte a la línea transversal que une los centros de las ruedas. A la misma coordenada *y* (transversal), en la vista en alzado, está el polo, perteneciendo al mismo tiempo a la línea de giro del brazo. El centro de balanceo está definido por la intersección entre la línea que une el polo y el centro de la huella de contacto, con la línea central del coche (a la mitad del ancho de vía).

CENTROS DE BALANCEO DE EJES RÍGIDOS

Estos ejes pueden estar unidos a la carrocería por elementos también rígidos, como brazos o tirantes, o pueden realizarse uniones por elementos deformables a flexión a torsión como son las ballestas. Una tipología de unión puede ser la de cuatro brazos, como la representada en la figura 3.52. La metodología para la evaluación del centro de balanceo se basa en la determinación de los puntos (A y B), lugares donde se ejercen las fuerzas a la carrocería desde el eje. La línea que los une determina el eje instantáneo de rotación de la carrocería con respecto al eje. Por tanto, el centro de balanceo es el punto generado por la intersección de esta línea con el plano vertical que contiene los centros geométricos de las ruedas. En esta construcción se suponen pequeñas o despreciables las deformaciones en los casquillos de unión, así como, al mismo tiempo, no se ha considerado el efecto del par de tracción en el puente trasero y el efecto de transferencia de carga asociado.

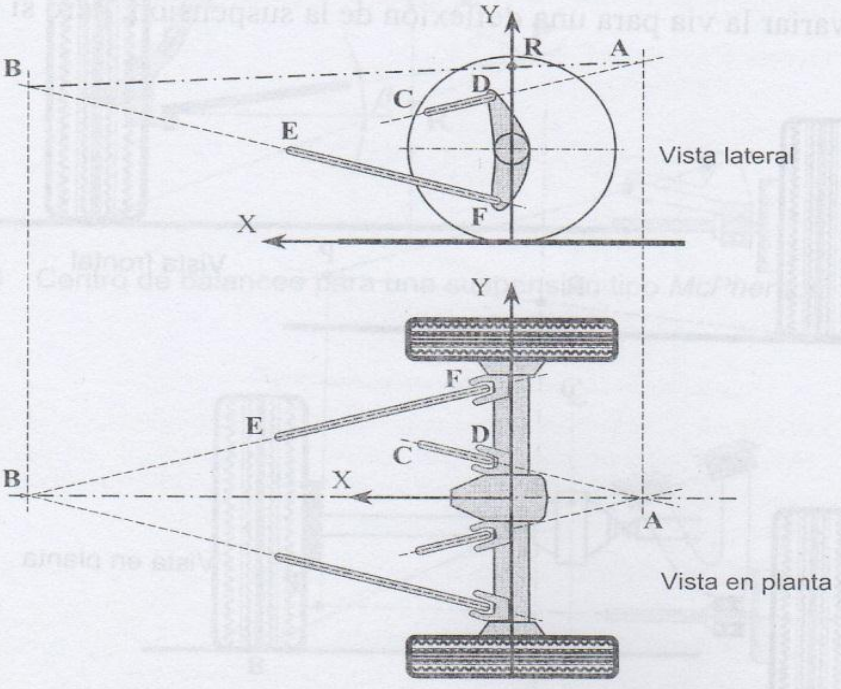


Figura 3.52 Centro de balanceo de una suspensión de eje rígido con cuatro brazos

© *ITES - Paraninfo*

Otras disposiciones de eje rígido pueden estar asociadas a la utilización de una barra *Panhard*, para la absorción de los esfuerzos transversales, como se representa en la figura 3.53.

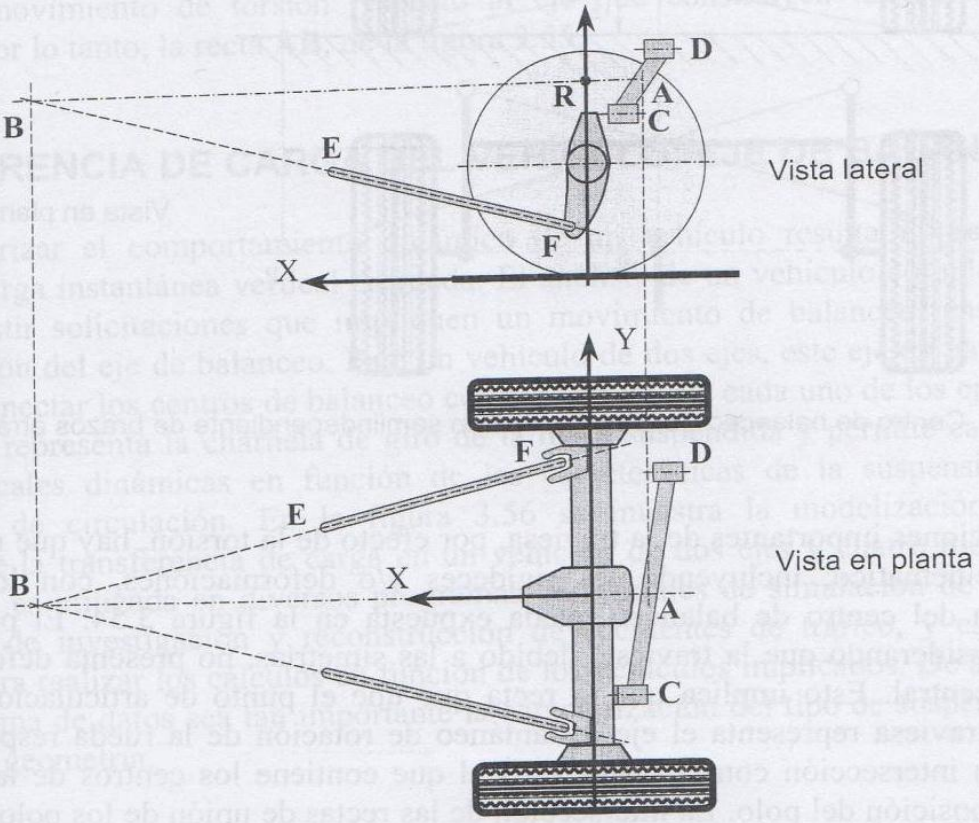


Figura 3.53 Centro de balanceo de una suspensión de eje rígido con dos brazos y barra *Panhard*

CENTROS DE BALANCEO EN SISTEMAS CON ELEMENTOS ELÁSTICOS

Encontrar el centro de balanceo de sistemas de suspensiones con elementos elásticos es especialmente complicado si están sometidos a grandes deformaciones. En estos casos se suelen combinar fuerzas verticales y horizontales, como por ejemplo en la suspensión con ballesta o en el caso de suspensión semiindependiente de brazos arrastrados, con lo que la caracterización del comportamiento se complica considerablemente.

En el caso de suspensión semiindependiente de brazos arrastrados, la barra transversal trabaja en torsión, generando un efecto de barra estabilizadora, por lo que para poder eliminar este efecto es necesario considerar que la rigidez a torsión de la barra transversal es nula, incluso aunque haya rigidez a flexión, lo que se asimila al caso de los brazos arrastrados, anteriormente reseñado. En los brazos, los muelles reaccionan por separado a las fuerzas verticales en la rueda.

© ITES - Paraninfo

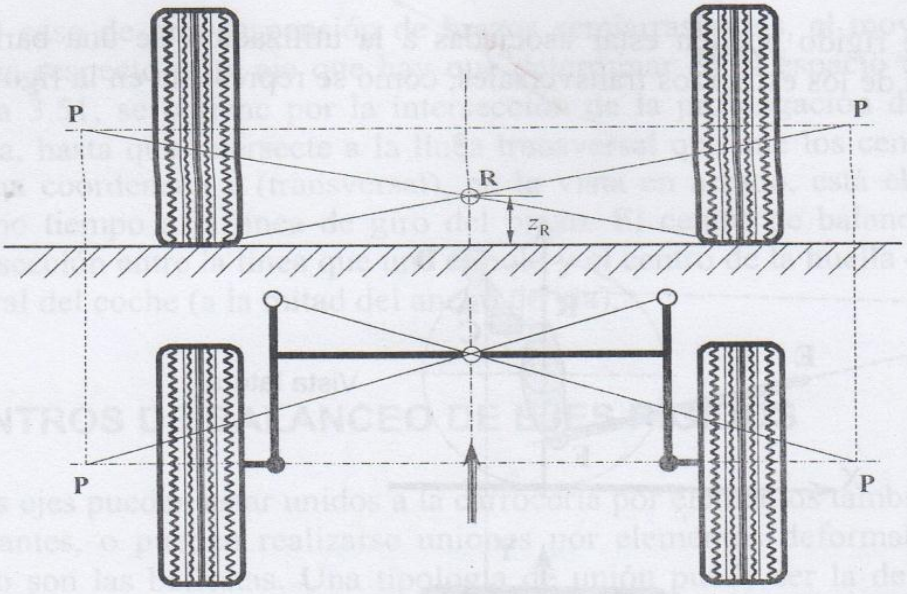


Figura 3.54 Centro de balanceo de una suspensión semiindependiente de brazos arrastrados

Para deformaciones importantes de la traviesa, por efecto de la torsión, hay que recurrir a un análisis cinemático, incluyendo las rigideces y/o deformaciones, con lo que la determinación del centro de balanceo queda expuesta en la figura 3.54. El polo **P** se determina considerando que la traviesa, debido a las simetrías, no presenta deformación en el punto central. Esto implica que la recta que une el punto de articulación con el centro de la traviesa representa el eje instantáneo de rotación de la rueda respecto a la carrocería. Su intersección con el plano vertical que contiene los centros de las ruedas determina la posición del polo. La intersección de las rectas de unión de los polos con los centros de las huellas de contacto determina el centro de balanceo. En este caso se supone que el comportamiento de esta suspensión semiindependiente equivale al de una suspensión independiente de brazos arrastrados en la que el eje de pivotamiento es la recta que une cada articulación con el centro de la traviesa.

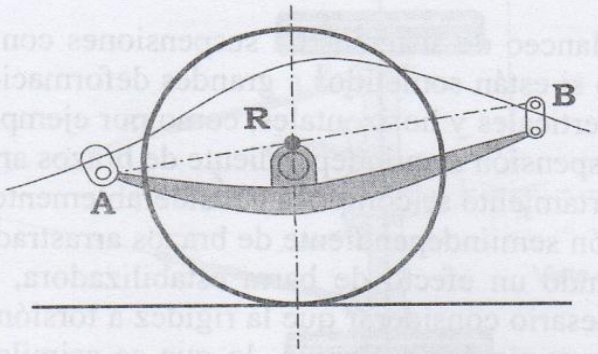


Figura 3.55 Centro de balanceo de una suspensión con ballesta. Vista lateral

© *ITES - Paraninfo*

En el caso de suspensión con ballestas longitudinales, la transferencia de carga depende de las rigideces a flexión y torsión de las hojas y los elementos de sujeción y enlace, que son solicitados mecánicamente ante acciones de balanceo de la carrocería o cuerpo del vehículo. El centro de balanceo se obtiene suponiendo que la ballesta es un elemento que permite el movimiento de torsión respecto al eje que constituyen los anclajes a la carrocería. Por lo tanto, la recta **AB**, de la figura 3.55.

TRANSFERENCIA DE CARGA DEL VEHÍCULO: EJE DE BALANCEO

Para caracterizar el comportamiento dinámico de un vehículo resulta imprescindible evaluar la carga instantánea vertical en rueda. El análisis de un vehículo completo, en el caso de existir solicitaciones que impliquen un movimiento de balanceo, pasa por la caracterización del eje de balanceo. Para un vehículo de dos ejes, este eje de balanceo se obtiene al conectar los centros de balanceo correspondientes a cada uno de los ejes. El eje de balanceo representa la charnela de giro de la masa suspendida y permite calcular las cargas verticales dinámicas en función de las características de la suspensión y las condiciones de circulación. En la figura 3.56 se muestra la modelización para la obtención de la transferencia de carga en un vehículo de dos ejes y cuatro ruedas. Esta metodología es utilizada en diversos programas comerciales de simulación de dinámica vehicular y de investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico, y es un dato necesario para realizar los cálculos en función de los vehículos implicados. De ahí que en la fase de toma de datos sea tan importante la caracterización del tipo de suspensión, sus elementos y geometría.

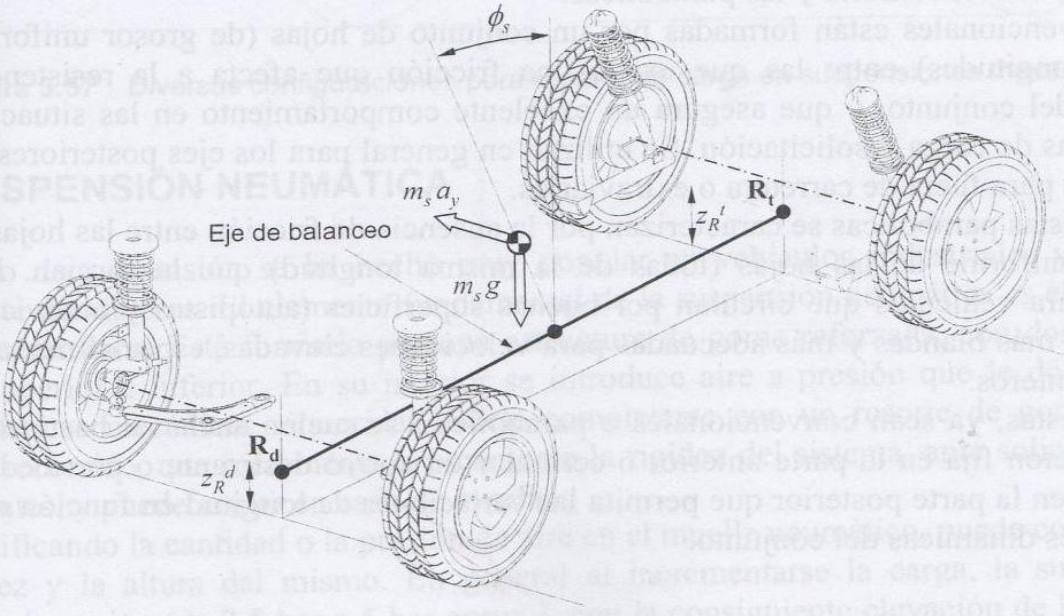


Figura 3.56 Eje de balanceo de un vehículo de cuatro ruedas

© ITES - Paraninfo

3.3.5 LA SUSPENSIÓN EN VEHÍCULOS INDUSTRIALES

En los vehículos industriales, esencialmente entre la estructura resistente (bastidor o carrocería autorportante) y las ruedas o ejes, se instalan elementos elásticos y elementos amortiguadores o disipativos.

Los elementos elásticos soportan el peso, y se deforman, con lo que se evita el movimiento brusco de la carrocería y se mantiene la rueda en contacto con el suelo. Dentro de los elementos elásticos se podrán encontrar muelles helicoidales, ballestas barras de torsión o muelles neumáticos. Un muelle helicoidal precisa de otros elementos (bielas, tirantes,...) que transmitan los esfuerzos transversales y longitudinales. La ballesta es un conjunto de láminas elásticas que suelen estar fijadas al bastidor por una articulación (fija) o dos (una fija y otra con apoyo deslizante o con articulado con gemela). Las barras de torsión se empotran en un extremo, mientras que el otro se une a un brazo ligado mecánicamente a la rueda, pudiendo colocarse longitudinal o transversal al vehículo. Los muelles neumáticos están compuestos por una cámara hermética que contiene aire o gas a presión que permite su regulación.

Por su parte el elemento amortiguador no realiza ningún esfuerzo mientras no se varíe la distancia entre sus extremos. Esencialmente disipa la energía que produce las oscilaciones del elemento elástico.

LA SUSPENSIÓN MECÁNICA

Una suspensión mecánica de vehículos industriales estará formada, esencialmente por ballestas, amortiguadores y barras estabilizadoras, que deberán permitir la circulación ante muy diversas situaciones de carga. Se pueden distinguir dos tipos principales de ballestas, las convencionales y las parabólicas.

Las convencionales están formadas por un conjunto de hojas (de grosor uniforme y diferentes longitudes) entre las que existe una fricción que afecta a la resistencia y elasticidad del conjunto, y que asegura un excelente comportamiento en las situaciones más extremas de carga y solicitación. Se utilizan en general para los ejes posteriores o en aplicaciones para fuera de carretera o extraviarias.

Las ballestas parabólicas se caracterizan por la ausencia de fricción entre las hojas y el grosor no uniforme de las hojas (todas de la misma longitud) que la forman. Están indicadas para vehículos que circulan por buenas superficies (autopistas y autovías) ya que resultan más blandas y más adecuadas para velocidades elevadas, especialmente para los ejes delanteros.

Las ballestas, ya sean convencionales o parabólicas, se suelen anclar al bastidor con una articulación fija en la parte anterior o central y un apoyo deslizante o por medio de una gemela en la parte posterior que permita las variaciones de longitud en función de las solicitaciones dinámicas del conjunto.

© *ITES - Paraninfo*

LA SUSPENSIÓN MECÁNICA EN UN TÁNDEM O BOGIE

Para situaciones de grandes cargas será necesaria la adopción de ejes dobles que conforman un conjunto funcional denominado tándem o bogie, formado por dos o tres ejes. Las diversas configuraciones serán función de la aplicación del vehículo y de otras características como la tracción y su reparto en los diferentes ejes.

Desde un primer momento se observó la imposibilidad de asegurar un determinado reparto de carga si lo que instalaban eran dos ejes, con sus correspondientes suspensiones, de forma independiente, por lo que se han desarrollado diversas configuraciones que intentan solucionar el problema (figura 3.57).

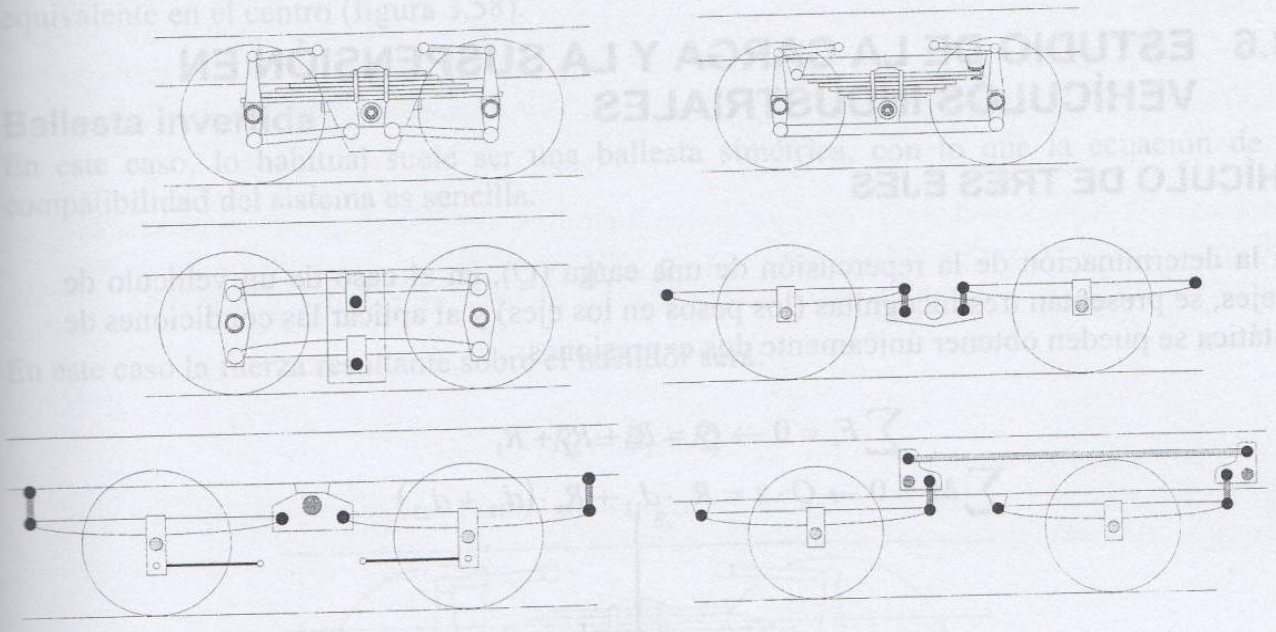


Figura 3.57 Diversas configuraciones para reparto de carga en suspensiones mecánicas

LA SUSPENSIÓN NEUMÁTICA

Este tipo de suspensión se ha hecho muy popular en vehículos industriales y para el transporte de viajeros. El elemento fundamental de la suspensión neumática es el fuelle o muelle neumático. Está formado por una estructura de goma reforzada, con dos tapas o bridas superior e inferior. En su interior se introduce aire a presión que le dota de las características mecánicas requeridas. Suele completarse con un resorte de goma como tope de recorrido, que incrementa bruscamente la rigidez del sistema, ante solicitaciones importantes, y puede actuar en caso de avería.

Modificando la cantidad o la presión de aire en el muelle neumático, puede controlarse la rigidez y la altura del mismo. En general al incrementarse la carga, la suspensión aumentará presión (de 2,5 bar a 5 bar aprox.), con la consiguiente elevación de la rigidez efectiva y por tanto la frecuencia propia (de 1,2/1,3 Hz a 1,5/1,6 Hz).

© ITES - Paraninfo

Las diversas configuraciones existentes de suspensiones neumáticas en vehículos industriales pueden incluir uno o dos muelles neumáticos por rueda, siendo habitual aplicar uno para ejes conducidos y dos para ejes tractores. El sistema se completará con amortiguadores telescópicos hidráulicos y barras estabilizadoras que optimicen el comportamiento del vehículo completo.

El aire se secará para el adecuado funcionamiento del resto de equipos, y se almacena en unos depósitos secundarios, dotados de válvulas limitadoras de presión. Cuando se incrementa la carga, la válvula niveladora detecta un acercamiento entre los ejes y el bastidor e incrementa ligeramente la presión en los fuelles neumáticos. Este proceso asegura la nivelación del vehículo para un rango de solicitaciones función del número y ubicación de las válvulas de nivel existentes.

3.3.6 ESTUDIO DE LA CARGA Y LA SUSPENSIÓN EN VEHÍCULOS INDUSTRIALES

VEHÍCULO DE TRES EJES

Para la determinación de la repercusión de una carga (Q), en el caso de un vehículo de tres ejes, se presentan tres incógnitas (los pesos en los ejes) y al aplicar las condiciones de la estática se pueden obtener únicamente dos expresiones:

$$\sum F_v = 0 \rightarrow Q = R_1 + R_2 + R_3$$

$$\sum M = 0 \rightarrow Q \cdot x = R_2 \cdot d_{12} + R_3 \cdot (d_{12} + d_{23})$$

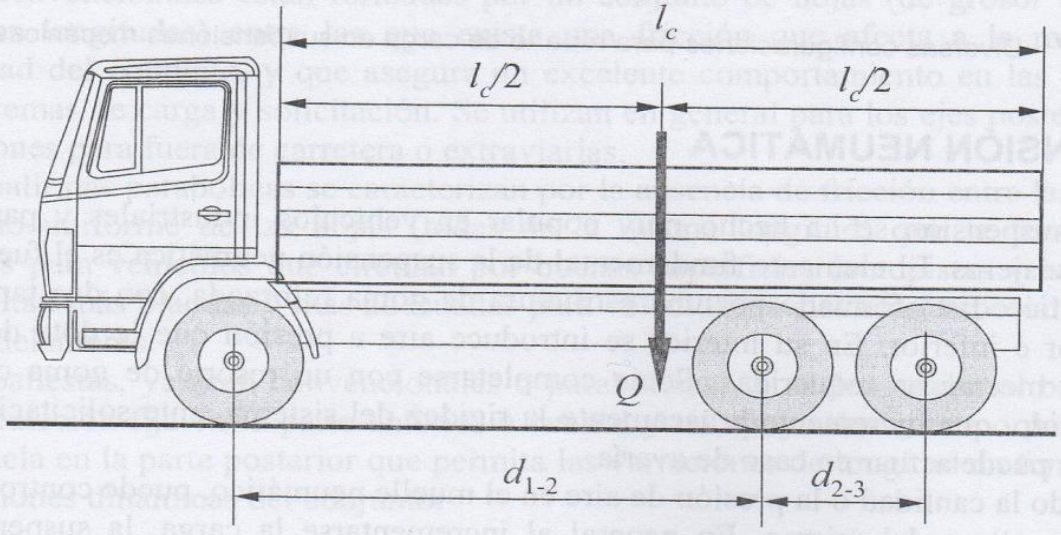


Figura 3.58 Carga en un vehículo de tres ejes

© ITES - Paraninfo

Para la resolución del problema hay que plantear una tercera expresión (ecuación de compatibilidad) que será función del sistema de suspensión instalado. Según los sistemas de suspensión y puntos de apoyo al bastidor y, por tanto, según las solicitaciones que se generan, se pueden distinguir diversos casos. En todos ellos se supondrá que las distancias entre ejes, en las diferentes situaciones de carga, son constantes y se considerarán como puntuales todos los anclajes y puntos de conexión de los sistemas y elementos de suspensión. En el comportamiento estático únicamente se considerará la acción de los elementos esencialmente elásticos de la suspensión (muelles, ballestas, elementos neumáticos,...) sin considerar el efectos de los amortiguadores. Según lo comentado anteriormente referente a las zonas de carga, de forma general se supone que la carga está uniformemente distribuida, por lo que se puede considerar una carga puntual equivalente en el centro (figura 3.58).

Ballesta invertida

En este caso, lo habitual suele ser una ballesta simétrica, con lo que la ecuación de compatibilidad del sistema es sencilla:

$$R_2 = R_3$$

En este caso la fuerza resultante sobre el bastidor será:

$$R_b = R_2 + R_3$$

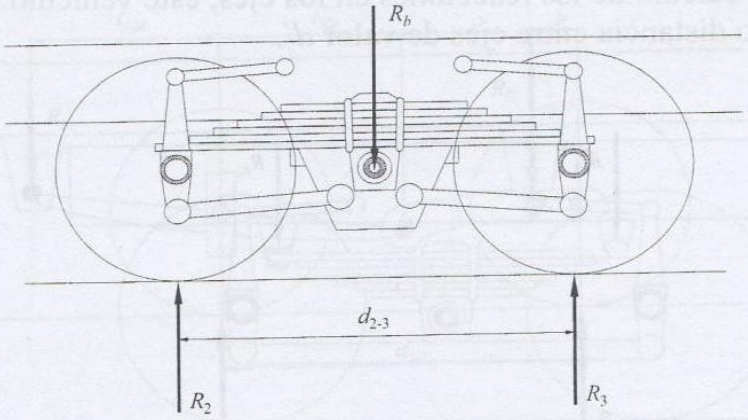


Figura 3.59 Cargas en una suspensión de ballesta invertida

El bastidor estará apoyado en un punto único, el centro del bogie trasero. A efectos de cálculos de las reacciones en los ejes se calculará la reacción en el apoyo central y después se distribuirá en los dos ejes, de forma proporcional a los brazos de la ballesta. De forma habitual la ballesta será simétrica, con lo que el sistema asegura un reparto igual en los dos ejes traseros.

© ITES - Paraninfo

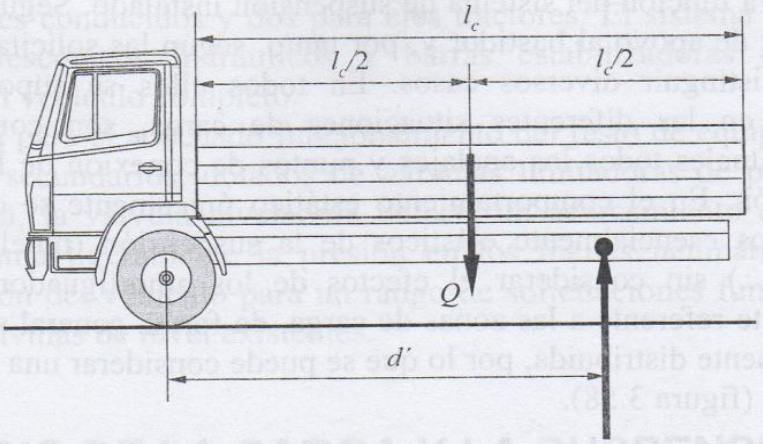


Figura 3.60 Carga equivalente y reacción en un vehículo de tres ejes con ballesta invertida

En este caso la distancia d' será, medida directamente en el vehículo, entre el centro del eje delantero y el punto de articulación de la ballesta invertida. En muchos casos ese punto está situado exactamente a mitad de la distancia de los ejes traseros, con lo que:

$$d' = d_{1-2} + \frac{d_{2-3}}{2}$$

Según esto, a efectos de cálculo de las reacciones en los ejes, este vehículo equivale a uno de dos ejes, con batalla o distancia entre ejes de valor d'.

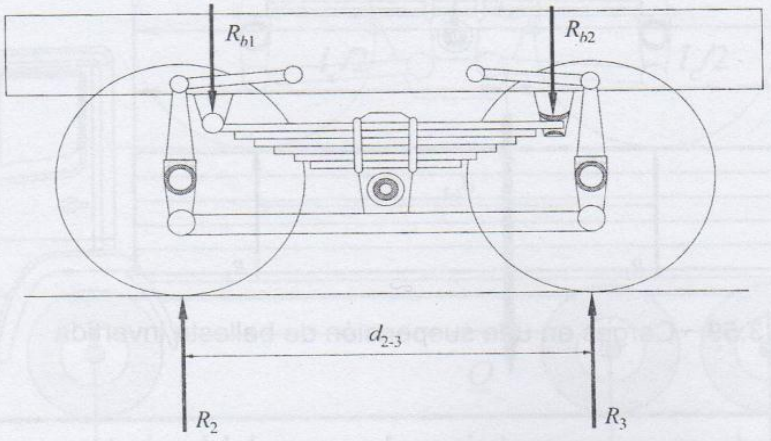


Figura 3.61 Suspensión tipo *Hendrickson*

© *ITES - Paraninfo*

Suspensión tipo *Hendrickson*

Este tipo de suspensión está representado esquemáticamente en la figura 3.61. En este caso la ballesta es simétrica, con lo que la ecuación de compatibilidad del sistema queda de la forma:

$$R_2 = R_3$$

Según eso, las fuerzas resultantes sobre el bastidor serán $R_{b1} = R_{b2} = R_2 = R_3$

Eje supletorio

En este caso el conjunto del tren trasero presenta dos apoyos en el bastidor y un elemento mecánico que reparte la carga. La ecuación de equilibrio de fuerzas en el brazo oscilante, que representa la compatibilidad del sistema es:

$$R_{2t} \cdot a = R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \cdot a = R_3 \cdot b \rightarrow R_3 = R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \cdot \frac{a}{b}$$

En caso de que la ballesta sea simétrica se cumple que: $l_{b2d} = l_{b2t}$, con lo que la expresión queda:

$$R_3 = R_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{b}$$

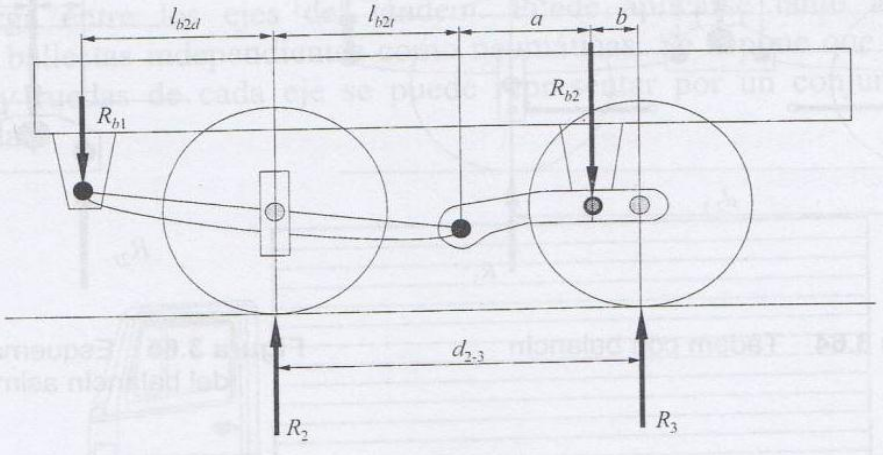


Figura 3.62 Suspensión de eje supletorio

Las cargas que soporta el bastidor del vehículo serán, según lo anterior:

$$R_{b1} = R_2 \cdot \frac{l_{b2t}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \qquad R_{b2} = R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} + R_3$$

© ITES - Paraninfo

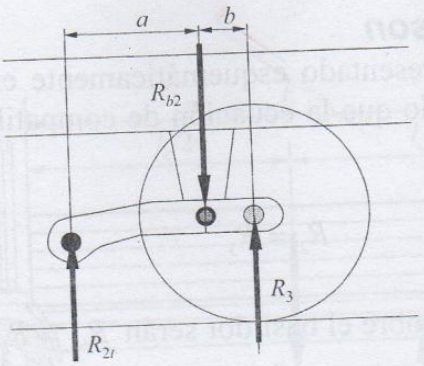


Figura 3.63 Condiciones de dinámicas de una suspensión de eje supletorio

Balancín asimétrico

Este sistema es empleado en disposiciones en que se pretende tener un reparto de carga determinado entre los dos ejes del tándem trasero. Es habitual en vehículos 6x2, donde el segundo eje es el motriz y, por tanto, sobre el que interesa que gravite más carga. El bastidor se apoyará en tres puntos, que son el anclaje anterior de la ballesta del eje 2 y el posterior de la ballesta del eje 3 y un punto central, donde pivota el balancín.

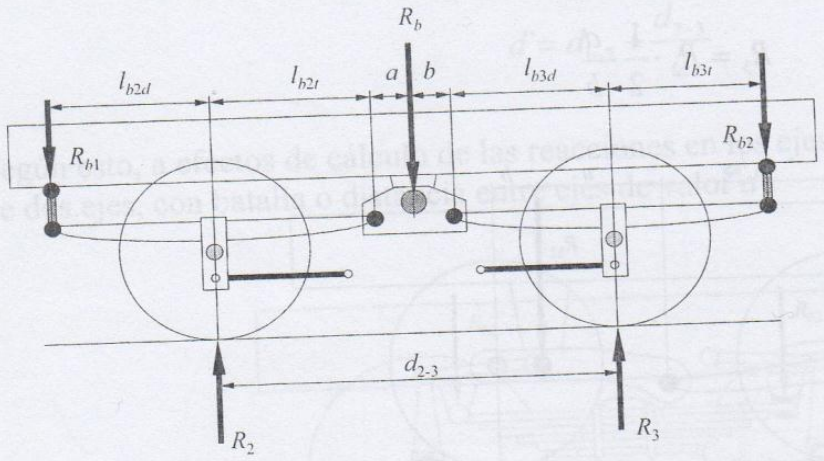


Figura 3.64 Tádem con balancín

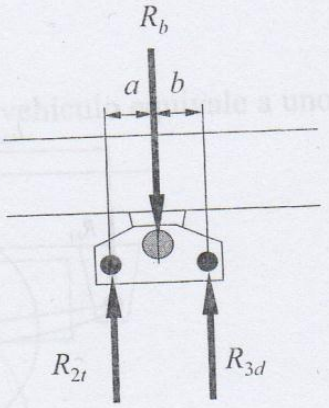


Figura 3.65 Esquema de fuerzas del balancín asimétrico

Para esta disposición del bogie trasero la ecuación de compatibilidad, aplicada al balancín será:

$$R_{2t} \cdot a = R_{3d} \cdot b \rightarrow R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \cdot a = R_3 \cdot \frac{l_{b3t}}{l_{b3d} + l_{b3t}} \cdot b$$

© ITES - Paraninfo

$$\rightarrow R_3 = R_2 \cdot \frac{\begin{matrix} l_{b2d} \\ l_{b2d} + l_{b2t} \\ l_{b3t} \\ l_{b3d} + l_{b3t} \end{matrix} \cdot \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}}{}$$

En caso de que la ballesta sea simétrica se cumple que: $l_{b2d} = l_{b2t}$ y $l_{b3d} = l_{b3t}$, con lo que la expresión queda:

$$R_3 = R_2 \cdot \frac{a}{b}$$

Las cargas que soporta el bastidor del vehículo serán, según lo anterior:

$$R_{b1} = R_2 \cdot \frac{l_{b2t}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \qquad R_{b2} = R_3 \cdot \frac{l_{b3d}}{l_{b3d} + l_{b3t}}$$

$$R_b = R_{2t} + R_{3d} = R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} + R_3 \cdot \frac{l_{b3t}}{l_{b3d} + l_{b3t}}$$

Ejes independientes – bastidor rígido

Esta disposición se considerará en el caso de que no exista un elemento mecánico de reparto de carga entre los ejes del tándem. Puede aplicarse tanto a suspensiones mecánicas con ballestas independientes como neumáticas. Se supone que el conjunto de la suspensión y ruedas de cada eje se puede representar por un conjunto elástico de rigidez conocida.

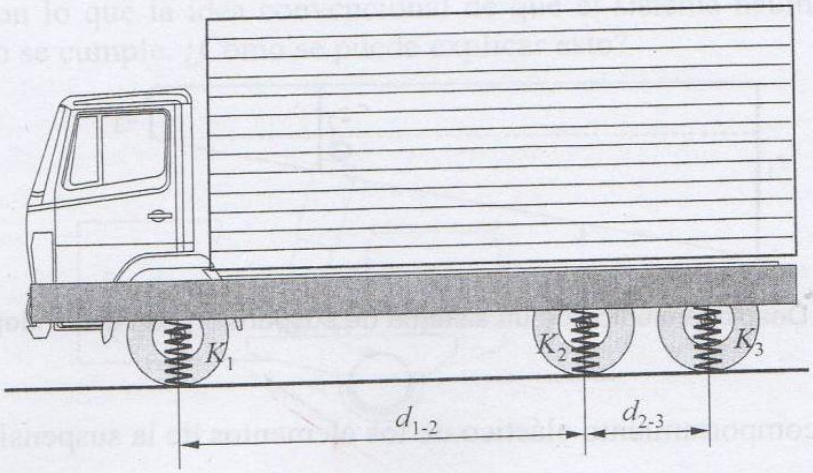


Figura 3.66 Suspensión con ejes independientes

© ITES - Paraninfo

Para la resolución del problema hay que plantear una ecuación de compatibilidad del sistema, en este caso, y dado que no hay deformaciones estructurales, en función de los desplazamientos de los sistemas de suspensión.

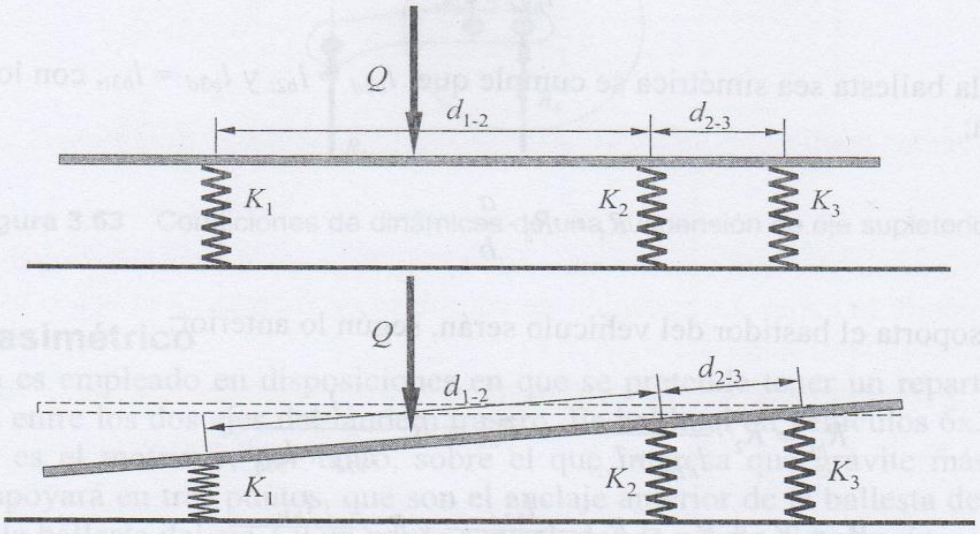


Figura 3.67 Deformación de un sistema de suspensión con ejes independientes

Si se consideran despreciables las deformaciones del bastidor (figura 3.67), los desplazamientos serán función únicamente de las deflexiones de los elementos elásticos. Ante una carga cualquiera, en dirección vertical, se produce un descenso del vehículo función de las distancias entre ejes y rigideces de la suspensión. Por proporcionalidad de triángulos (figura 3.68) se puede obtener la expresión:

$$\frac{z_2 - z_1}{d_{12}} = \frac{z_3 - z_1}{d_{12} + d_{23}}$$

Figura 3.68 Desplazamientos de un sistema de suspensión con ejes independientes

Si se considera el comportamiento elástico de los elementos de la suspensión se tiene que:

© ITES - Paraninfo

$$z_1 = \frac{R_1}{K_1} \qquad z_2 = \frac{R_2}{K_2} \qquad z_3 = \frac{R_3}{K_3}$$

Uniendo estas expresiones con la ecuación de compatibilidad y la expresión de las fuerzas verticales se obtiene:

$$\frac{\frac{R_2}{K_2} - \frac{R_1}{K_1}}{d_{12}} = \frac{\frac{R_3}{K_3} - \frac{R_1}{K_1}}{d_{12} + d_{23}} \rightarrow \frac{\frac{R_2}{K_2} - \frac{Q - R_2 - R_3}{K_1}}{d_{12}} = \frac{\frac{R_3}{K_3} - \frac{Q - R_2 - R_3}{K_1}}{d_{12} + d_{23}}$$

De donde se puede despejar la reacción sobre el tercer eje:

$$R_3 = \frac{R_2 \cdot \left(\frac{d_{12} + d_{23}}{K_2} + \frac{d_{23}}{K_1} \right) - Q \cdot \frac{d_{23}}{K_1}}{\frac{d_{12}}{K_3} - \frac{d_{23}}{K_1}}$$

En este caso las cargas en bastidor dependen de la geometría del sistema de suspensión instalado y sus puntos de anclaje al bastidor.

SUSPENSIÓN NEUMÁTICA DE UN SEMIRREMOLQUE CON TANDEM TRIAXIAL

Cuando se analiza cualquier semirremolque real en posición de carretera, se detecta que no está horizontal. Es más, al pesar los ejes del vehículo se constata una diferencia de carga entre ellos, con lo que la idea convencional de que el sistema neumático ecualiza (iguala) los pesos no se cumple. ¿Cómo se puede explicar esto?

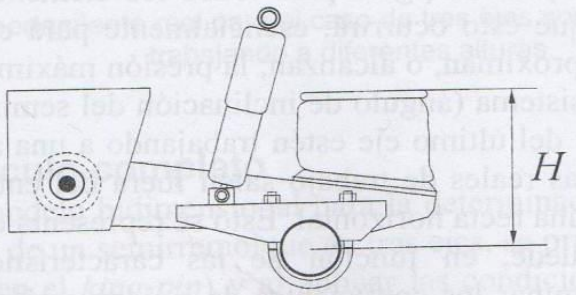


Figura 3.69 Suspensión neumática de un semirremolque

© ITES - Paraninfo

Si el semirremolque de tres ejes (tándem triaxial) está equipado con una única válvula niveladora, en los muelles neumáticos de los tres ejes existe la misma presión. En este caso las cargas que soportan cada uno de los muelles neumáticos, proporcionales a los pesos por eje, serán Q_1, Q_2 y Q_3, que son diferentes entre sí. Como la altura del primer muelle neumático es mayor que la del segundo y a su vez esta mayor que la del tercero, se cumple que:

$$H_1 > H_2 > H_3 \rightarrow Q_1 < Q_2 < Q_3$$

Donde:
H_1: Altura efectiva del muelle neumático del eje 1
H_2: Altura efectiva del muelle neumático del eje 2
H_3: Altura efectiva del muelle neumático del eje 3
Q_1: Carga sobre el muelle neumático del eje 1
Q_2: Carga sobre el muelle neumático del eje 2
Q_3: Carga sobre el muelle neumático del eje 3

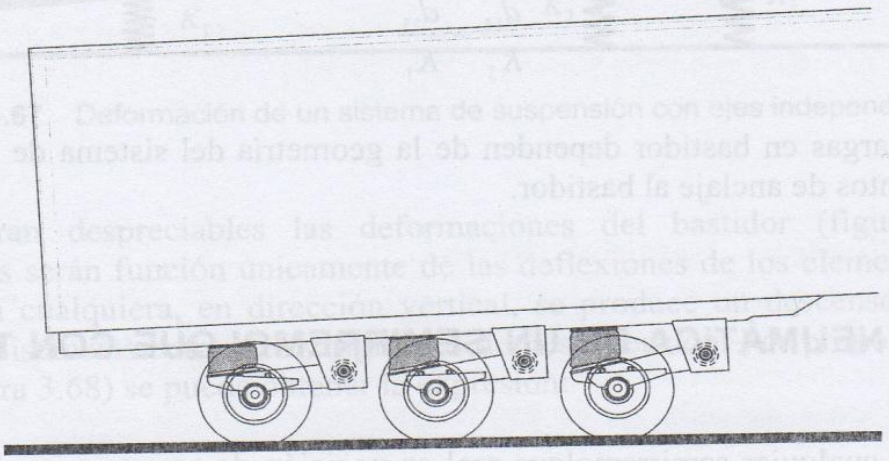


Figura 3.70 Semirremolque con suspensión neumática

Esto lo que hace patente es que el comportamiento en este caso no es lineal entre la carga (diferente entre los ejes) y la presión (igual para todos los elementos neumáticos de la suspensión). Es de suponer que esto ocurrirá, esencialmente para cargas cercanas a las máximas y que por tanto se aproximan, o alcanzan, la presión máxima. Por la solicitación de cargas y la geometría del sistema (ángulo de inclinación del semirremolque) se obliga a que los muelles neumáticos del último eje estén trabajando a una altura menor que los anteriores. Es decir, las alturas reales de trabajo salen fuera del entorno de la altura de diseño (H_0) donde se supone una recta horizontal. Esto se representa en la figura 3.71.

Según lo anterior, se puede, en función de las características de los muelles neumáticos empleados, determinar los coeficientes de rigidez estático de cada uno, que no tienen porque ser iguales.

© *ITES - Paraninfo*

$$K_1 = \frac{F_1}{\Delta H_1} \quad K_2 = \frac{F_2}{\Delta H_2} \quad K_3 = \frac{F_3}{\Delta H_3}$$

Donde:
F_1: Carga sobre el muelle neumático del eje 1
F_2: Carga sobre el muelle neumático del eje 2
F_3: Carga sobre el muelle neumático del eje 3
ΔH_1: Variación de altura del muelle neumático del eje 1
ΔH_2: Variación de altura del muelle neumático del eje 2
ΔH_3: Variación de altura del muelle neumático del eje 3
K_1: Rigidez del muelle neumático del eje 1
K_2: Rigidez del muelle neumático del eje 2
K_3: Rigidez del muelle neumático del eje 3

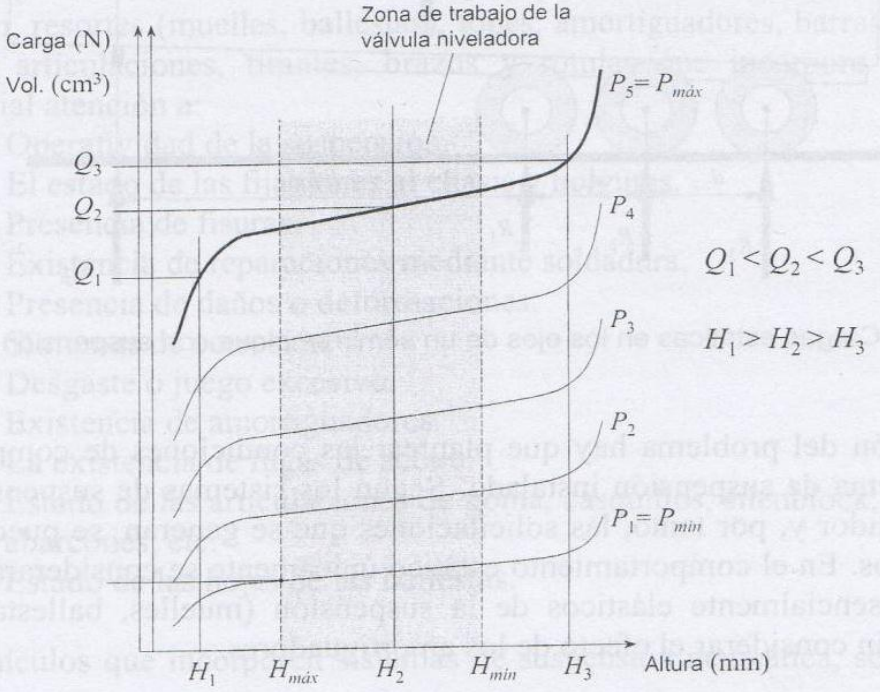


Figura 3.71 Comportamiento real para el caso de tres ejes sometidos a la misma presión y trabajando a diferentes alturas

Estudio del vehículo completo

Si se considera un modelo bidimensional para la determinación de la repercusión de una carga (Q), en el caso de un semirremolque de tres ejes, se presentan cuatro incógnitas (los pesos en los ejes y en el *king-pin*) y al aplicar las condiciones de la estática se pueden obtener únicamente dos expresiones:

© ITES - Paraninfo

$$\sum F_v = 0 \rightarrow Q = R_{kp} + R_1 + R_2 + R_3$$
$$\sum M = 0 \rightarrow Q \cdot x = R_1 \cdot d_{kp-1} + R_2 \cdot \left(d_{kp-1} + d_{12}\right) + R_3 \cdot \left(d_{kp-1} + d_{12} + d_{23}\right)$$

Donde R_{kp}: Carga en el *king-pin* por efecto del peso Q
R_1: Carga en el eje 1 por efecto del peso Q
R_2: Carga en el eje 2 por efecto del peso Q
R_3 Carga en el eje 3 por efecto del peso Q

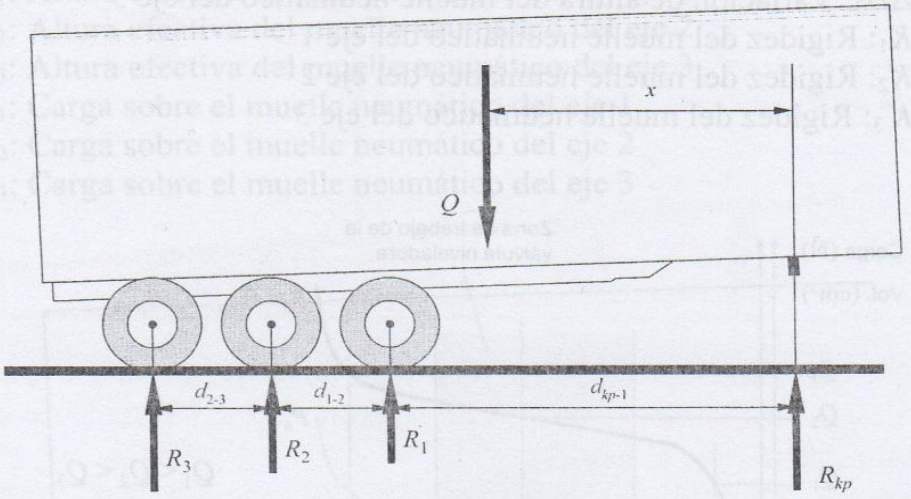


Figura 3.72 Cargas estáticas en los ejes de un semirremolque con suspensión neumática

Para la resolución del problema hay que plantear las condiciones de compatibilidad en función del sistema de suspensión instalado. Según los sistemas de suspensión y puntos de apoyo al bastidor y, por tanto, las solicitaciones que se generan, se pueden distinguir los diversos casos. En el comportamiento estático únicamente se considerará la acción de los elementos esencialmente elásticos de la suspensión (muelles, ballestas, elementos neumáticos,...) sin considerar el efecto de los amortiguadores.

3.3.7 METODOLOGÍA

Para realizar el estudio de la suspensión hay que detallar los siguientes aspectos que definen el sistema de suspensión:

- Tipología de la suspensión delantera
- Tipología de la suspensión trasera
- Estado general y análisis de elementos
  - Muelles helicoidales
  - Ballestas

© ITES - Paraninfo

  - Barras de torsión
  - Barras estabilizadoras
  - Elementos neumáticos
  - Amortiguadores
  - Brazos, tirantes y anclajes
- Defectos, daños, modificaciones y alteraciones
- Parámetros del comportamiento dinámico
  - Elementos elásticos y amortiguadores
- Comportamiento a balanceo
  - Rigidez al balanceo (delantera, trasera, total)
  - Posición de los centros de balanceo
  - Eje de balanceo

Mediante inspección visual, completada con ensayo en banco de suspensión y detector de holguras, se comprobará, en su caso, el estado y la fijación de los diferentes componentes de la suspensión, resortes (muelles, ballestas), topes, amortiguadores, barras de torsión y estabilizadoras, articulaciones, tirantes, brazos y rótulas que incorpore el vehículo, prestando especial atención a:

- Operatividad de la suspensión.
- El estado de las fijaciones al chasis y holguras.
- Presencia de fisuras.
- Existencia de reparaciones mediante soldadura.
- Presencia de daños o deformaciones.
- Síntomas de corrosión.
- Desgaste o juego excesivo.
- Existencia de amortiguadores.
- La existencia de fugas de aceite.
- Estado de las articulaciones de goma, casquillos, silenblock, abrazaderas, abarcones, etc.
- Estado de las hojas de las ballestas.

En aquellos vehículos que incorporen sistemas de suspensión neumática, se comprobará además:

- La existencia de pérdidas de aire audibles indebidas en el circuito de alimentación de aire comprimido o los fuelles neumáticos.
- Indicaciones de avería a través del testigo.

En aquellos vehículos que incorporen sistemas de suspensión oleoneumáticos, se comprobará además:

- La existencia de fugas de aceite.
- Indicaciones de avería a través del testigo.

© ITES - Paraninfo

Mediante la instrumentación del vehículo se puede analizar la respuesta dinámica de la suspensión y del conjunto del vehículo, determinando:

- Comportamiento dinámico de cada elemento
- Cargas generadas y transmitidas a las ruedas y resto de elementos del vehículo, en sentido longitudinal, transversal y vertical
- Respuesta cinemática y dinámica de la suspensión ante diversas maniobras y condiciones de circulación
- Variación de las cotas de suspensión
- Transferencias dinámicas de carga
- Estado de conservación y funcionamiento de elementos elásticos y amortiguadores
- Defectos, holguras, desgastes, agarrotamientos y daños
- Vibraciones y movimientos parásitos

SISTEMAS DE MEDIDA NECESARIOS

- ✓ Banco suspensiones
- ✓ Detector de holguras
- ✓ Máquina de ensayos dinámicos tracción/compresión o bancada universal de ensayos mecánicos
- ✓ Máquina de ensayo de amortiguadores
- ✓ Sistema de medición de cotas de suspensión-dirección
- ✓ Plataformas móviles
- ✓ Sistema de elevación (gato o elevador)
- ✓ Instrumentación relativa a la suspensión y comportamiento dinámico del vehículo, que incluirá, como mínimo, sensores de recorrido de suspensión, sensores de aceleraciones lineales y angulares tridimensionales del vehículo.
- ✓ Sistemas de medida y posicionamiento (reglas, calibre de espesores, calibre pie de rey, micrómetro, calibres de profundidad, escuadras, niveles,...)
- ✓ Sistema de registro gráfico de aspectos generales (fotografía, vídeo filmación,...)
- ✓ Fichas para toma de datos

3.4 LA DIRECCIÓN

Se conoce como dirección de un vehículo a todos los órganos que permiten orientar las ruedas directrices, en función de las maniobras realizadas por el conductor sobre un mando de accionamiento.

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Estudio del vehículo – Suspensión

Vehículo marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Suspensión delantera

Tipo:

Variante:

Elemento elástico

Tipo	Marca – modelo	Rigidez nominal

Topes de recorrido	Extensión
	Compresión

Amortiguador

Tipo	Marca – modelo	Amortiguamiento nominal

Barra estabilizadora

Marca – modelo	Diámetro	Rigidez nominal

Modificaciones o alteraciones:

Defectos y daños:

Resultados de ensayo en banco de suspensión:

Centro balanceo (Esquema y determinación gráfica)

Figura 3.73 Ejemplo de ficha para la toma de datos de un sistema de suspensión

© ITES - Paraninfo

La función principal del sistema de dirección es permitir un control direccional suficientemente preciso para realizar el trazado en las curvas, las acciones de adelantamiento o de evasión ante obstáculos presentes en la carretera y las maniobras a baja velocidad, por ejemplo en maniobras de aparcamiento.

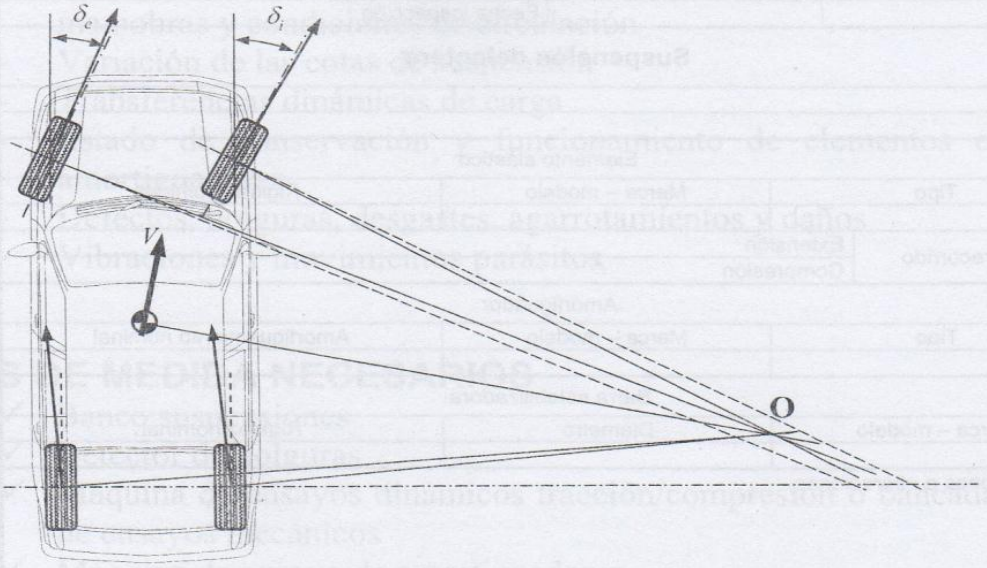


Figura 3.74 Geometría de dirección y centro de giro del vehículo, incluyendo el efecto de los ángulos de deriva de las ruedas del tren posterior

En la actualidad se emplean sistemas en los que el centro de rotación del vehículo está algo adelantado respecto a la prolongación del eje posterior. En cualquier caso siempre aparecerán ángulos de deriva en los neumáticos o deformaciones en los elementos elásticos del conjunto suspensión-dirección, haciendo posible que exista un centro instantáneo de rotación para el vehículo.

3.4.1 TIPOS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN

Los vehículos han utilizado soluciones basadas en mecanismos articulados, desde los sistemas más sencillos de un único cuadrilátero articulado de *Jeantaud*, a diseños más complejos para vehículos con suspensión independiente. El conductor ejerce, de forma general, su acción de control sobre un volante de dirección que está unido por medio de acoplamientos, denominados en conjunto columna de dirección, a los mecanismos de actuación sobre las ruedas. Para la unión entre la columna de dirección y el varillaje de la dirección se han empleado diferentes y variadas configuraciones. Las que se instalan y diseñan en la actualidad se pueden englobar esencialmente en dos grandes grupos: los

© *ITES - Paraninfo*

sistemas de piñón cremallera y los de bolas recirculantes. En ambos tipos de dirección se pueden contemplar las siguientes variaciones:

- Dirección manual: las fuerzas de dirección son producto únicamente del esfuerzo muscular del conductor.
- Dirección asistida: las fuerzas de dirección son producto tanto del esfuerzo muscular del conductor como de una fuente externa de energía.
- Servodirección: las fuerzas de dirección proceden de una o varias fuentes externas de energía.
- Autodirección: el ángulo de guiado de una o varias de las ruedas se modifica únicamente por la aplicación de las fuerzas o los momentos en el contacto entre el neumático y la carretera.

La parte del sistema que controla la posición tridimensional de las ruedas respecto al vehículo está formada por un conjunto de varillas que componen un mecanismo complejo. Hay que destacar que, debido a las cargas dinámicas y a la propia elasticidad del sistema de dirección, la definición completa del varillaje de dirección debe realizarse de forma tridimensional, considerando las geometrías, posiciones y deformaciones de todos los elementos presentes, incluyendo el sistema de suspensión.

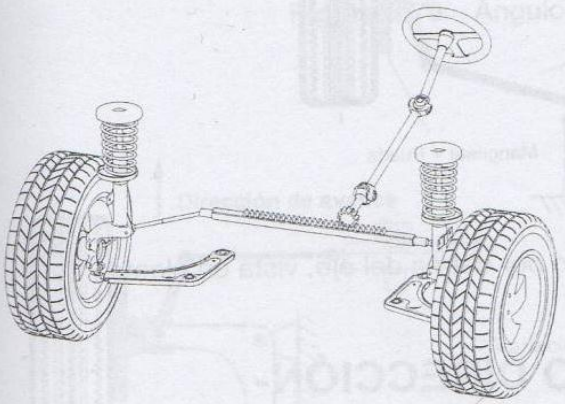


Figura 3.75 Dirección de piñón-cremallera

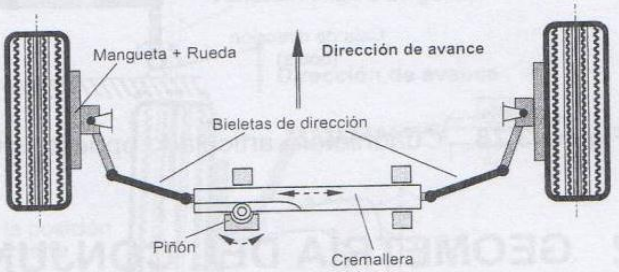


Figura 3.76 Dirección de piñón-cremallera con las bieletas en los extremos (planta)

En los sistemas de piñón-cremallera, se utiliza una cremallera que se mueve transversalmente al vehículo accionada por un piñón solidario con la columna de dirección. El conductor actúa sobre el extremo opuesto de la columna de dirección, donde está ubicado el volante. La cremallera está unida por rótulas a las bieletas de dirección que, a su vez, se articulan en las manguetas.

Este tipo de sistema de dirección se emplea en muchos de los vehículos turismo actuales, desde los más pequeños a los más grandes y potentes, sobre todo en suspensiones delanteras independientes. Existen diversas variantes en función de que las

© ITES - Paraninfo

bieletas vayan ancladas a los extremos o al centro de la cremallera, teniendo en cuenta que el piñón puede estar situado en una posición centrada o no respecto al vehículo.

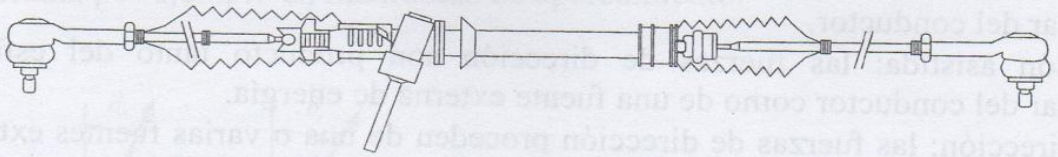


Figura 3.77 Detalle de una dirección de piñón cremallera con las bieletas en los extremos

Los sistemas con caja de dirección de bolas recirculantes se emplean preferentemente en vehículos de mayores cargas y en suspensiones de eje rígido. Se pueden plantear soluciones del mecanismo de dirección en función del varillaje, con cajas de dirección por delante o por detrás del eje.

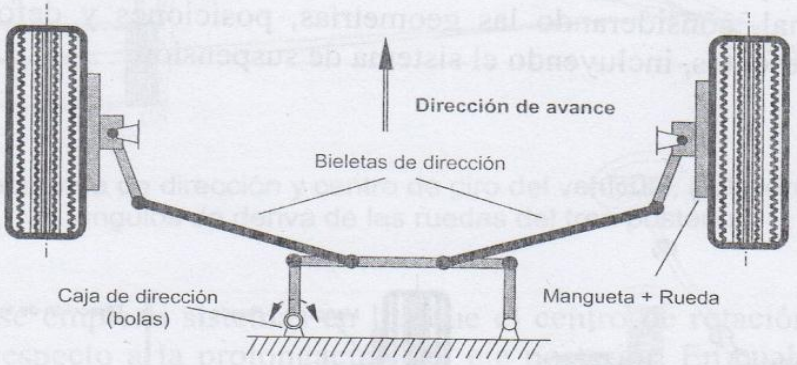


Figura 3.78 Cuadrilátero articulado opuesto situado por detrás del eje, vista en planta

3.4.2 GEOMETRÍA DEL CONJUNTO DIRECCIÓN-SUSPENSIÓN

El diseño del sistema de dirección varía, en cada modelo de vehículo, en función de la configuración del sistema de suspensión, para asegurar un buen control direccional y una adecuada estabilidad. Para lograr una dirección con estas cualidades es imprescindible que el eje respecto al cual pivota el conjunto mangueta-rueda con relación al vehículo adopte una posición espacial conveniente, que se caracteriza por ciertos ángulos que reciben los nombres de guiado (δ), salida (σ), caída (ε) y avance (τ). Aparte de estos ángulos existe otro, el de ángulo de convergencia ($2\cdot\Delta$), que también influye en la estabilidad y control del vehículo, de gran importancia en las fases previas e iniciales en multitud de accidentes de tráfico.

© *ITES - Paraninfo*

ÁNGULO DE GUIADO (δ) Y CONTROL DIRECCIONAL DEL VEHÍCULO

El ángulo de guiado será el formado por una rueda directriz con el plano longitudinal del vehículo (figura 3.79). Los ángulos de guiado serán función, en una primera aproximación, de la geometría del vehículo (distancia entre ejes y ancho de vía) y del radio de la curva a describir, aunque, para un caso concreto de estudio puede ser necesario caracterizar completamente, tanto geométricamente como mecánicamente, los sistemas de suspensión, dirección, tracción, frenado y ruedas (figura 3.80).

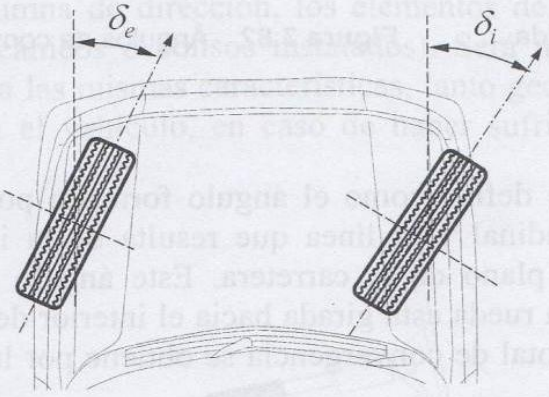


Figura 3.79 Ángulos de guiado exterior e interior

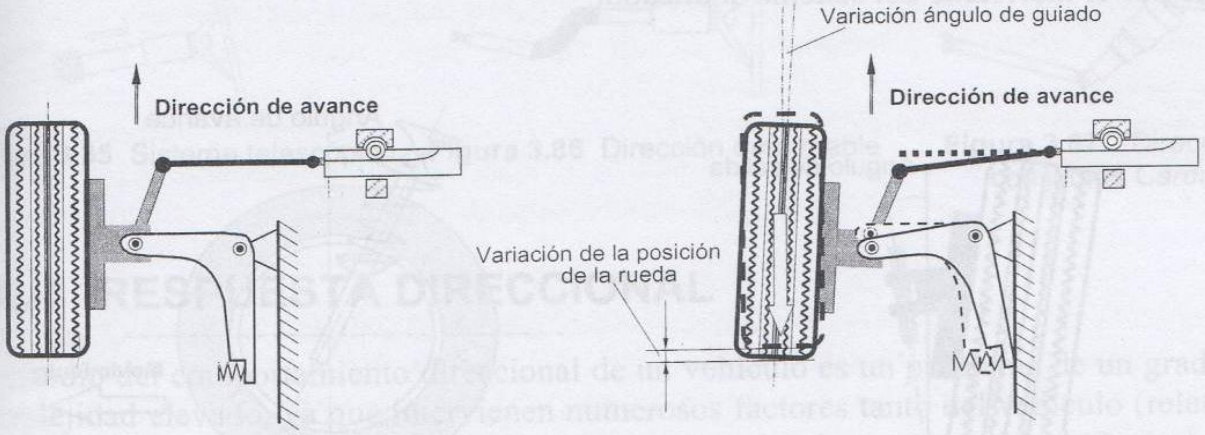


Figura 3.80 Efecto de la fuerza longitudinal sobre el brazo inferior de la suspensión

CAÍDA

Es el ángulo que forma el plano medio de la rueda con la normal al plano de rodadura (figura 3.81). Este ángulo coincide con el que forma el eje de giro de la rueda con el plano de rodadura. Se considera caída positiva cuando la parte superior de la rueda está inclinada hacia la parte exterior, como en la figura 3.81.

© ITES - Paraninfo

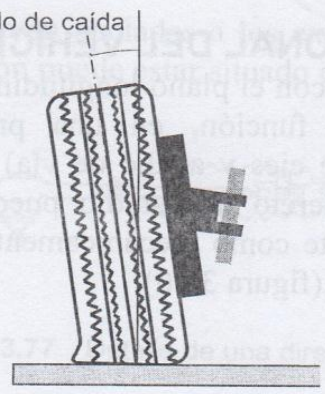


Figura 3.81 Ángulo de caída

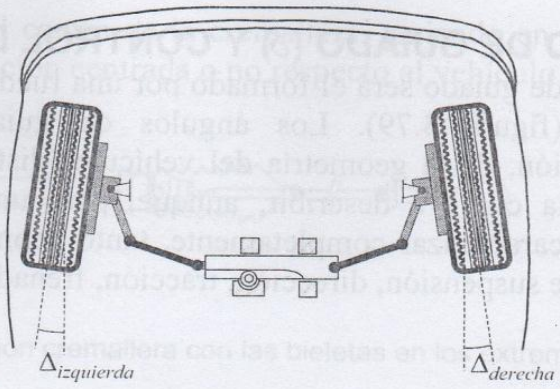


Figura 3.82 Ángulos de convergencia de cada rueda

CONVERGENCIA

La convergencia estática Δ se define como el ángulo formado por el plano central del vehículo en dirección longitudinal y la línea que resulta de la intersección del plano central de una rueda con el plano de la carretera. Este ángulo se considera positivo cuando la parte delantera de la rueda esta girada hacia el interior del vehículo, y negativo en caso contrario. El ángulo total de convergencia se obtiene por la suma de los ángulos de convergencia de cada rueda.

Debido a que la convergencia puede alterarse variando la longitud del tirante de dirección, la tolerancia por rueda debe tenerse muy en cuenta, en función de los datos aportados por el fabricante del sistema analizado.

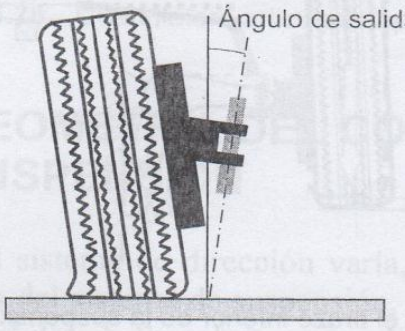


Figura 3.83 Ángulo de salida positivo

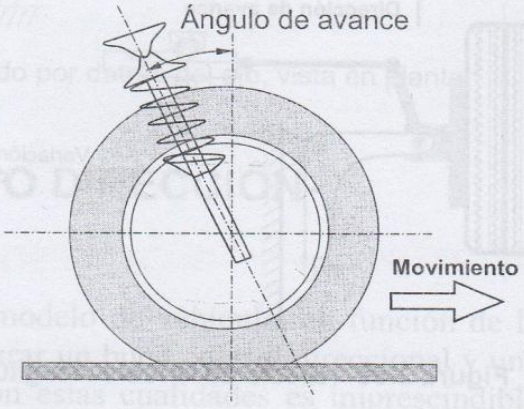


Figura 3.84 Ángulo de avance positivo

ÁNGULO DE PIVOTE O ÁNGULO DE SALIDA

Es el ángulo que forma el eje de la articulación de la mangueta con el plano vertical, visto el vehículo desde su frente (sentido positivo en la figura 3.83). Es decir, los ángulos de salida y caída están en un mismo plano.

© *ITES - Paraninfo*

ÁNGULO DE AVANCE

Es el ángulo formado por el eje de pivote de la mangueta con el plano vertical del eje de la rueda, visto el vehículo lateralmente (sentido positivo en la figura 3.84).

3.4.3 LA COLUMNA DE DIRECCIÓN

En el estudio de la dirección en la fase de la toma de datos, habrá que identificar los posibles daños, deformaciones y marcas del sistema. Se registrará el tipo de volante instalado, el tipo de columna de dirección, los elementos de seguridad (juntas Cardan, colapsables, fusibles mecánicos o colisos instalados). Será importante comprobar si el volante instalado presenta las mismas características, tanto geométricas como mecánicas, que el homologado para el vehículo, en caso de haber sufrido alguna modificación o sustitución.

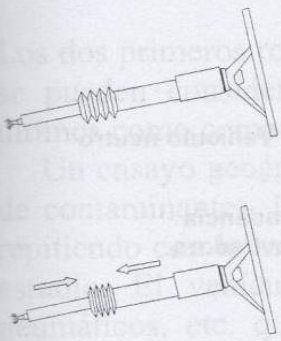


Figura 3.85 Sistema telescópico

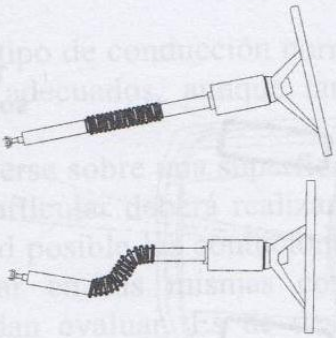


Figura 3.86 Dirección deformable

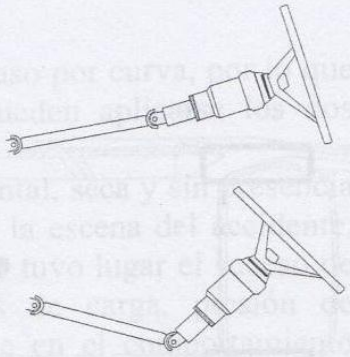


Figura 3.87 Dirección con juntas *Cardan*

3.4.4 RESPUESTA DIRECCIONAL

El estudio del comportamiento direccional de un vehículo es un problema de un grado de complejidad elevado, ya que intervienen numerosos factores tanto del vehículo (relativos a suspensión, dirección, neumáticos, características másicas e inerciales,...) como del entorno (peralte, superficie de rodadura, efectos aerodinámicos,...). Un aspecto fundamental en este campo es el análisis de los ángulos de deriva de las ruedas, que aparecen siempre que se aplican esfuerzos laterales en los neumáticos, como por ejemplo cuando sobre el vehículo actúa una fuerza lateral (producida por un paso por curva o por un viento transversal) que es compensada mediante fuerzas de adherencia entre neumático y calzada.

De forma básica, la respuesta la respuesta direccional del vehículo es función de la diferencia de los ángulos de deriva de los neumáticos del eje delantero (α_d) y trasero (α_t), llegándose a plantear tres casos:

© *ITES - Paraninfo*

Vehículo neutro: $\alpha_d = \alpha_t$
Vehículo subvirador: $\alpha_d > \alpha_t$
Vehículo sobrevirador: $\alpha_d < \alpha_t$

Esto indica que para unas condiciones fijas de circulación (velocidad y radio de la curva) un vehículo neutro presentará igual deriva en los neumáticos delanteros que en los traseros. En un vehículo sobrevirador la deriva es mayor en el eje trasero, con lo que tiende a cerrarse más en la curva. En un vehículo subvirador, los ángulos de deriva serán mayores en el tren anterior, con lo que tiende a abrirse más que el vehículo neutro.

Si se circula a la misma velocidad, con el mismo ángulo de dirección, un vehículo sobrevirador describirá una trayectoria de menor radio que uno neutro, y éste menor que uno subvirador, como representa la figura 3.88. Si se considera que se circula por una trayectoria circular de radio (R) constante, el ángulo de guiado, y por consiguiente el giro de volante, serán función de las características direccionales. Por ejemplo, en un vehículo neutro se cumple que el ángulo de guiado (δ) necesario para la inscripción del vehículo en la curva es independiente de la velocidad.

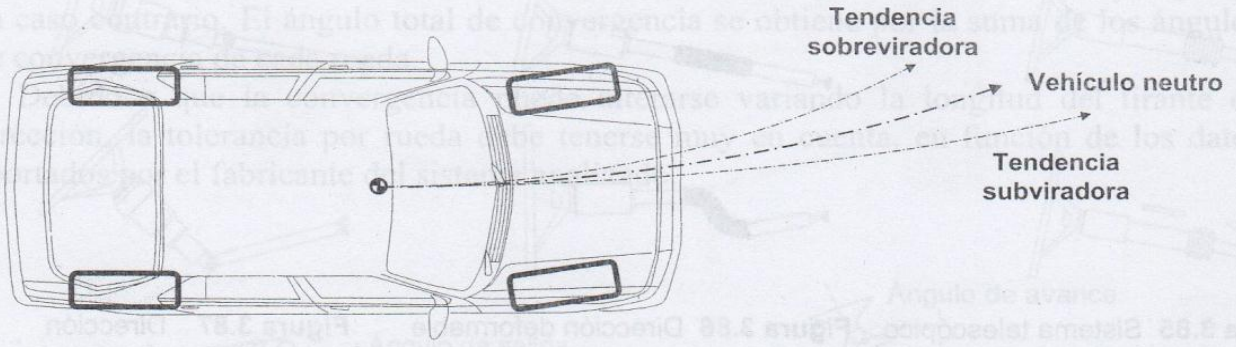


Figura 3.88 Respuestas direccionales de un vehículo

En un vehículo subvirador el ángulo de guiado, y por consiguiente el giro de volante, deberán incrementarse con la velocidad. Es decir, cuanto más rápido se pasa por la curva más hay que girar el volante, ya que el tren anterior del vehículo tiene tendencia hacia el exterior de la curva.

En un vehículo sobrevirador, por la tendencia del tren posterior a desplazarse hacia el exterior, el conjunto del vehículo tiende a realizar una curva de radio menor al incrementarse la velocidad. De hecho, llegará una velocidad, denominada velocidad crítica, para la cual, con un ángulo de dirección nulo (ruedas delanteras en línea recta), el vehículo se inscribiría en la curva por la deriva del eje posterior. A velocidades superiores el giro de volante necesario para tomar la curva sería en sentido contrario (negativo), a fin de contrarrestrar la excesiva deriva trasera; es lo que se conoce como técnica de "contravolante".

© *ITES - Paraninfo*

3.4.5 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN CURVA

Determinar, de forma práctica, el carácter subvirador o sobrevirador de un vehículo requiere la realización de ensayos en carretera. Si la evaluación es simplemente cualitativa no es necesaria la instrumentación del vehículo, simplemente bastaría con el velocímetro, previa comprobación del mismo realizada como se describe en el apartado 4.4.4. Sin embargo, si lo que se pretende es analizarlo cuantitativamente es necesaria la instrumentación del vehículo para poder medir determinadas variables.

Los posibles ensayos a realizar, tanto para la evaluación cualitativa como cuantitativa del comportamiento virador del vehículo, son iguales. En función de la vía o zona de ensayo sobre la que se vayan a realizar los ensayos se pueden aplicar los siguientes:

- Ensayo con radio de curvatura constante (más adecuado para evaluación cuantitativa del comportamiento)
- Ensayo a velocidad constante
- Ensayo con ángulo de volante constante
- Ensayo de aceleración constante

Los dos primeros reproducen el tipo de conducción normal de paso por curva, por lo que se pueden considerar los más adecuados, aunque también pueden aplicarse los dos últimos como comprobación.

Un ensayo genérico debe hacerse sobre una superficie horizontal, seca y sin presencia de contaminantes. Un ensayo particular deberá realizarse sobre la escena del accidente, repitiendo con la mayor fidelidad posible las condiciones en que tuvo lugar el suceso de estudio. El vehículo debe estar en las mismas condiciones de carga, presión de neumáticos, etc. que se pretendan evaluar. Es de destacar que en el comportamiento virador tendrán influencia significativa estos factores, sobremanera la presión de los neumáticos y el reparto de cargas estático y dinámico (posición de las cargas en parado, comportamiento de la suspensión, transferencias de carga por tracción, frenado, etc.).

ENSAYO CON RADIO DE CURVATURA CONSTANTE

El procedimiento a seguir para la realización del ensayo de radio de curvatura constante es el siguiente:

- Marcar dos circunferencias concéntricas que permitan la inscripción del vehículo entre ambas (podría utilizarse uno de los carriles de una glorieta), determinando el radio de la circunferencia media (radio de la curva). Se suele considerar adecuado un radio medio de 30 m.
- Con el vehículo en las condiciones de funcionamiento que se quieran evaluar, se inicia el movimiento entre las dos circunferencias marcadas.
- Se realiza un primer giro a baja velocidad para conseguir que la trayectoria del vehículo siga la de la curva media.

© ITES - Paraninfo

- A partir de un primer giro, se incrementa la velocidad lentamente, tratando de que el vehículo describa la curva intermedia, hasta que sea imposible de mantener dicha trayectoria curva. Por razones de seguridad sólo se buscará el límite en el caso en que exista suficiente espacio para, en caso de pérdida de control, no se produzca un accidente.

Si el vehículo no está instrumentado, el comportamiento cualitativo del vehículo se determina comprobando la variación del ángulo de giro del volante. Si, a medida que se aumenta la velocidad del vehículo en el ensayo, es necesario incrementar el ángulo de giro del volante, el vehículo es subvirador. Si la variación del ángulo de giro de volante se puede considerar despreciable se estará ante un vehículo de tipo neutro. Si, por el contrario, a medida que se aumenta la velocidad del vehículo es necesario disminuir el ángulo de giro del volante, se está ante un vehículo sobrevirador. En este último caso, habrá una velocidad a partir de la cual será necesario girar en sentido contrario, hacer un "contravolante". Esta velocidad, denominada velocidad crítica, puede determinarse observando el velocímetro del vehículo.

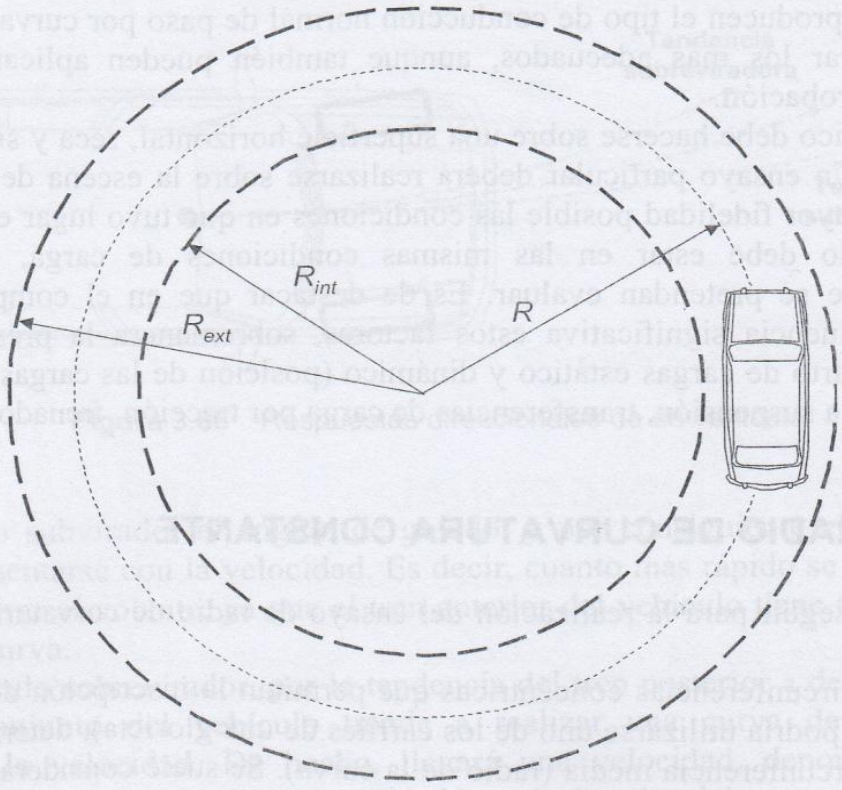


Figura 3.89 Ensayo de radio de curva constante

El comportamiento direccional de un vehículo puede variar con la velocidad, pudiendo, por ejemplo, pasar de ser subvirador a baja velocidad a ser sobrevirador a alta velocidad.

© ITES - Paraninfo

Esta suele ser la forma de comportarse de los vehículos sobreviradores, siendo neutros o ligeramente subviradores a bajas velocidades. En este caso, la instrumentación facilita el análisis.

Como se mencionó anteriormente, el ensayo de radio constante es más adecuado para la evaluación cuantitativa del comportamiento direccional. En este caso bastará con medir el ángulo de giro del volante de dirección (con un sensor potenciométrico de giro, por ejemplo) y la aceleración lateral (medida directamente con un acelerómetro o a partir de la velocidad lineal). La representación gráfica del ángulo de giro en función de la aceleración lateral servirá para cuantificar el comportamiento (figura 3.90).

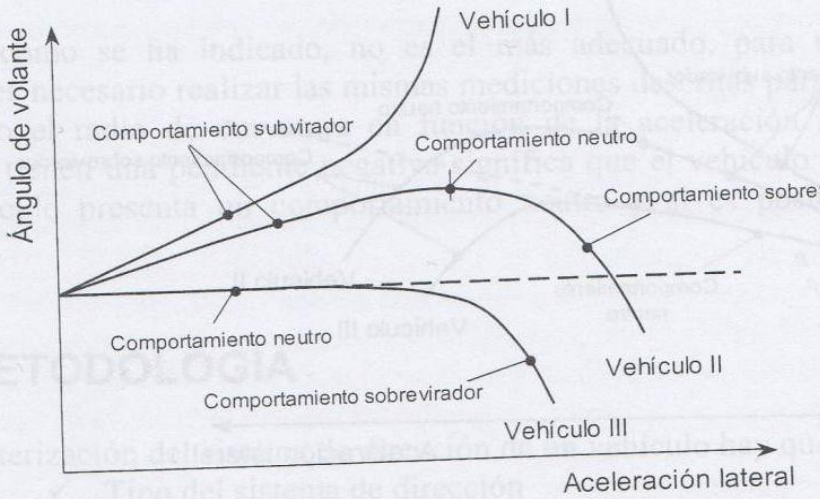


Figura 3.90 Resultados obtenidos con tres vehículos diferentes con igual ángulo de giro de volante inicial para la curva de ensayo

Cuando la pendiente de la curva del ángulo de volante sea positiva, significa que el vehículo tiene un comportamiento subvirador, si es cero es un vehículo neutro y si es negativa se trata de un vehículo sobrevirador. El grado de sobreviraje o de subviraje de cada vehículo se cuantifica por la magnitud de la pendiente de la curva.

Este ensayo tiene la ventaja de requerir una instrumentación muy sencilla, sin embargo la realización del mismo, por requerir el mantener un radio constante, no es sencilla. Otra de las desventajas es el hecho de que el radio de curvatura puede afectar cuando se realiza el ensayo con vehículo de más de dos ejes.

ENSAYO A VELOCIDAD CONSTANTE

El ensayo de paso por curva a velocidad constante se aproxima al modo de proceder en una conducción normal. Para llevarlo a cabo es necesario mantener una velocidad

© ITES - Paraninfo

constante mientras se varía el ángulo de dirección. La desventaja de este tipo de ensayo es que requiere la utilización de una instrumentación que además de permitir determinar el ángulo de giro de volante y la aceleración lateral, permita determinar el radio de giro, ya que éste varía. Dos posibles soluciones para la instrumentación son la utilización de un sensor GPS (de precisión centimétrica y alta frecuencia) y sensor de giro de volante o bien la utilización de un acelerómetro lateral o de guiñada, junto con un sensor para la medición de velocidad lineal (acelerómetro o sensor de velocidad) y un sensor de giro para el volante.

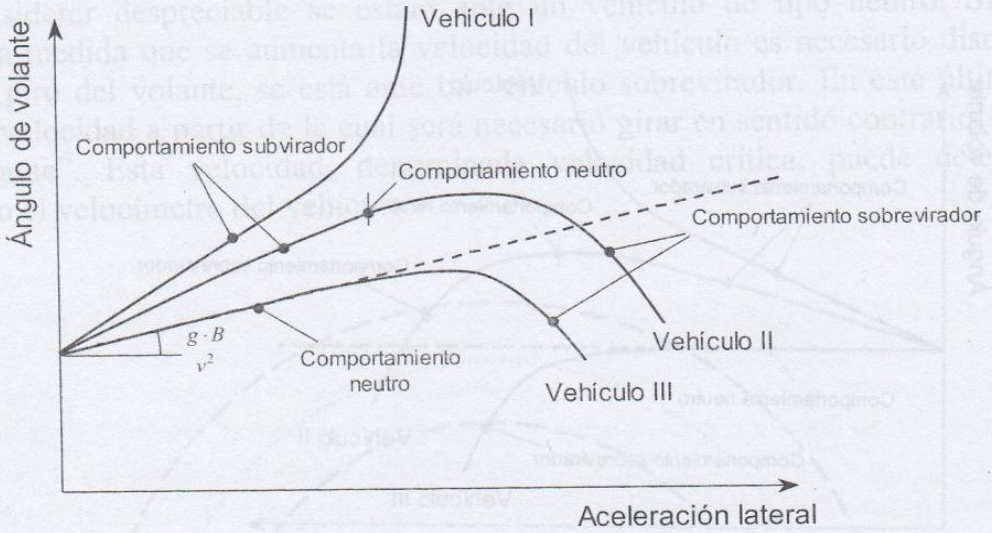


Figura 3.91 Resultados obtenidos con tres vehículos con la misma batalla y mismo ángulo de giro inicial

El resultado de la medición debe representarse gráficamente como se muestra en la figura 3.91 para tres ejemplos. Cuando un vehículo presenta un comportamiento neutro la recta resultante de la representación del ángulo de giro de volante con la aceleración lateral tiene una pendiente constante de valor:

$$\frac{g \cdot B}{v^2}$$

Donde B es la batalla del vehículo y v la velocidad del ensayo. Un vehículo cuya curva presente una pendiente mayor que la anterior tendrá un comportamiento subvirador, mientras aquel que la presente menor tendrá un comportamiento sobrevirador.

© ITES - Paraninfo

ENSAYO CON ÁNGULO DE VOLANTE CONSTANTE

No representa el tipo de conducción normal y no es el más adecuado para la evaluación cuantitativa, sin embargo, por su sencillez puede ser una forma útil de comprobar el comportamiento dirección desde el punto de vista cualitativo. El procedimiento a seguir consiste en fijar un ángulo de giro de volante mientras se incrementa lentamente la velocidad. En función del comportamiento el vehículo describirá diferentes trayectorias. Así, si la tendencia al aumentar la velocidad es a irse hacia el exterior de la parte delantera el vehículo es subvirador. Si no se aprecia variación de la trayectoria, manteniendo una curva estable, el vehículo tiene un comportamiento neutro. Sin embargo, si disminuye el radio de giro a medida que aumenta la velocidad el vehículo es subvirador.

Aunque, como se ha indicado, no es el más adecuado, para realizar un análisis cuantitativo es necesario realizar las mismas mediciones descritas para el ensayo anterior, representando el radio de curvatura en función de la aceleración lateral. Si la curva representada tienen una pendiente negativa significa que el vehículo es subvirador, si es cero el vehículo presenta un comportamiento neutro y si es positiva el vehículo es sobrevirador.

3.4.6 METODOLOGÍA

Para la caracterización del sistema de dirección de un vehículo hay que analizar:

- ✓ Tipo del sistema de dirección
- ✓ Volante
- ✓ Columna de dirección
- ✓ Bielas, palancas y articulaciones
- ✓ Pivote de dirección
- ✓ Elementos de asistencia (servomecanismos)
- ✓ Cotas de dirección/suspensión
- ✓ Maniobrabilidad
- ✓ Comportamiento dinámico (Subvirador/sobrevirador)

Mediante inspección visual se comprobará, utilizando un foso o elevador y un detector de holguras:

- Estado general del conjunto.
- Fijación del volante a la columna de la dirección (no debe existir movimiento relativo entre ambos).
- La ausencia de juego o juego excesivo en la columna de la dirección.
- Las holguras o posibles fisuras de las juntas cardan en los diferentes tramos de la columna de la dirección y en los flectores.
- El recorrido libre del volante (movimiento de volante sin orientación de ruedas).

© ITES - Paraninfo

- Fijación, holguras y defectos de la caja de dirección.
- Existencia y estado de los topes de dirección.
- Existencia y estado de guardapolvos.
- Defectos, holguras, fisuras, reparaciones en timonería y rótulas de dirección.
- Defectos de estado y/o fijación del amortiguador, en su caso.

Con el motor del vehículo en marcha se comprobará visualmente el funcionamiento del sistema de servodirección, prestando atención a:

- Funcionamiento general del sistema.
- La existencia de fugas.
- Fijación de la bomba y canalizaciones.
- El estado de la bomba y canalizaciones y, en su caso, cilindros de ayuda.
- La tensión de la correa, si la incorpora.
- Nivel de fluido, si es posible.

Mediante la utilización de un alineador al paso o dispositivo adecuado se analizará la deriva o desviación de las ruedas y la adecuación del guiado del vehículo. El vehículo deberá pasar perfectamente alineado por la placa, circulando a marcha lenta y con el volante desasido, y se comprobará la desalineación de las ruedas del eje o de los ejes directrices. Esta inspección deberá ser complementada con una inspección visual en foso cuando se considere necesario. Al utilizarse el alineador al paso deberá tenerse en cuenta que una incorrecta presión de los neumáticos puede dar lugar a lecturas erróneas.

Ensayo dinámico del vehículo, a partir del cual, en función de las posibilidades o necesidades se pueden evaluar diversos aspecto:

- Determinación de las características dinámicas laterales (subvirador-sobrevirador, ganancia de aceleración lateral).
- Condiciones límite de paso por curva.
- Límite de vuelco / derrape lateral.
- Ensayo de evaluación de movimiento de balanceo.
- Evaluación de transferencia de carga en curva o con maniobras direccionales (evitar obstáculo, volantazo, reventón de rueda,...).
- Evaluación de vibraciones.
- Evaluación de deriva del vehículo, impresión de guiado o inestabilidad direccional.
- Influencia del sistema de suspensión, defectos, averías o modificaciones realizadas.

SISTEMAS DE MEDIDA NECESARIOS

- ✓ Banco suspensiones
- ✓ Detector de holguras

© *ITES - Paraninfo*

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

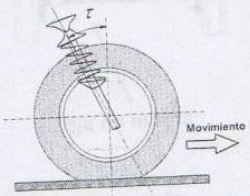
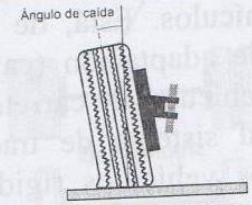
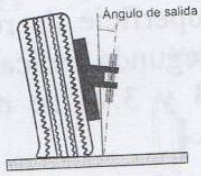
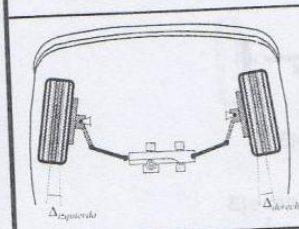
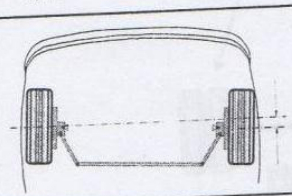
Estudio del vehículo – Cotas eje anterior

Vehículo marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Tipo de dirección:

Modificaciones o alteraciones:

Defectos y daños:

Cota		Rueda	Estado	Valor medido	Valor nominal
	**Avance**	Izquierda	Vacío		
			Carga		
		Decha	Vacío		
			Carga		
	**Caída**	Izquierda	Vacío		
			Carga		
		Derecha	Vacío		
			Carga		
	**Salida**	Izquierda	Vacío		
			Carga		
		Derecha	Vacío		
			Carga		
	**Convergencia**	Izquierda	Vacío		
			Carga		
		Derecha	Vacío		
			Carga		
	**Retranqueo**				

Observaciones

Figura 3.92 Ejemplo de ficha para la toma de datos de cotas de dirección y suspensión

© ITES - Paraninfo

- ✓ Detección de desviación en rueda – Alineador al paso
- ✓ Máquina de ensayos dinámicos tracción/compresión o bancada universal de ensayos mecánicos
- ✓ Sistema de medición de cotas de suspensión-dirección
- ✓ Sistema de elevación (gato o elevador)
- ✓ Instrumentación relativa a la suspensión y dirección y comportamiento dinámico del vehículo, que incluirá, como mínimo, sensores de recorrido de suspensión, sensores de aceleraciones lineales y angulares tridimensionales del vehículo.
- ✓ Sistemas de medida y posicionamiento (reglas, calibre de espesores, calibre pie de rey, micrómetro, calibres de profundidad, escuadras, niveles,...)
- ✓ Sistema de registro gráfico de aspectos generales (fotografía, vídeo filmación,...)
- ✓ Fichas para toma de datos

3.5 LA TRACCIÓN

El sistema de tracción permite dotar de movimiento a los vehículos. Está, de forma general, constituido por el grupo motopropulsor y elementos de adaptación (cajas de cambio, diferenciales,...) y conexión (palieres, juntas,...). En los vehículos de carretera no todos los ejes tienen que ser motrices, es decir, acoplados al sistema de tracción. Habitualmente, en lo referente al número de ejes motrices, los vehículos rígidos se designan por una expresión de dos cifras separadas por el signo (X). La primera de las cifras indica el número de puntos de apoyo o ruedas sobre la superficie de rodadura, considerando a las ruedas gemelas como un único elemento, y la segunda indica cuántas de las ruedas son motrices. A continuación, en las figuras 3.93 y 3.94 se muestran diversos ejemplos de designación.

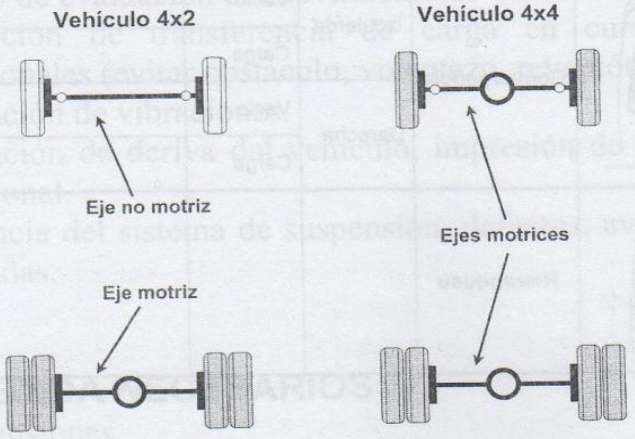


Figura 3.93 Ejemplos de denominación de vehículos de dos ejes

© ITES - Paraninfo

En vehículos de dos ejes, los diferentes sistemas de tracción pueden clasificarse, en función del eje al que se transmite el par motor, en:

- Tracción trasera: donde pueden aparecer diseños con motor trasero o con motor delantero, siendo el eje trasero el motriz.
- Tracción delantera: con disposiciones de motor delantero (longitudinal o transversal) que accionan el eje delantero.
- Tracción a todas las ruedas: el motor suele ir delante (pocas veces detrás) transmitiendo el par de forma permanente o no a las cuatro ruedas.

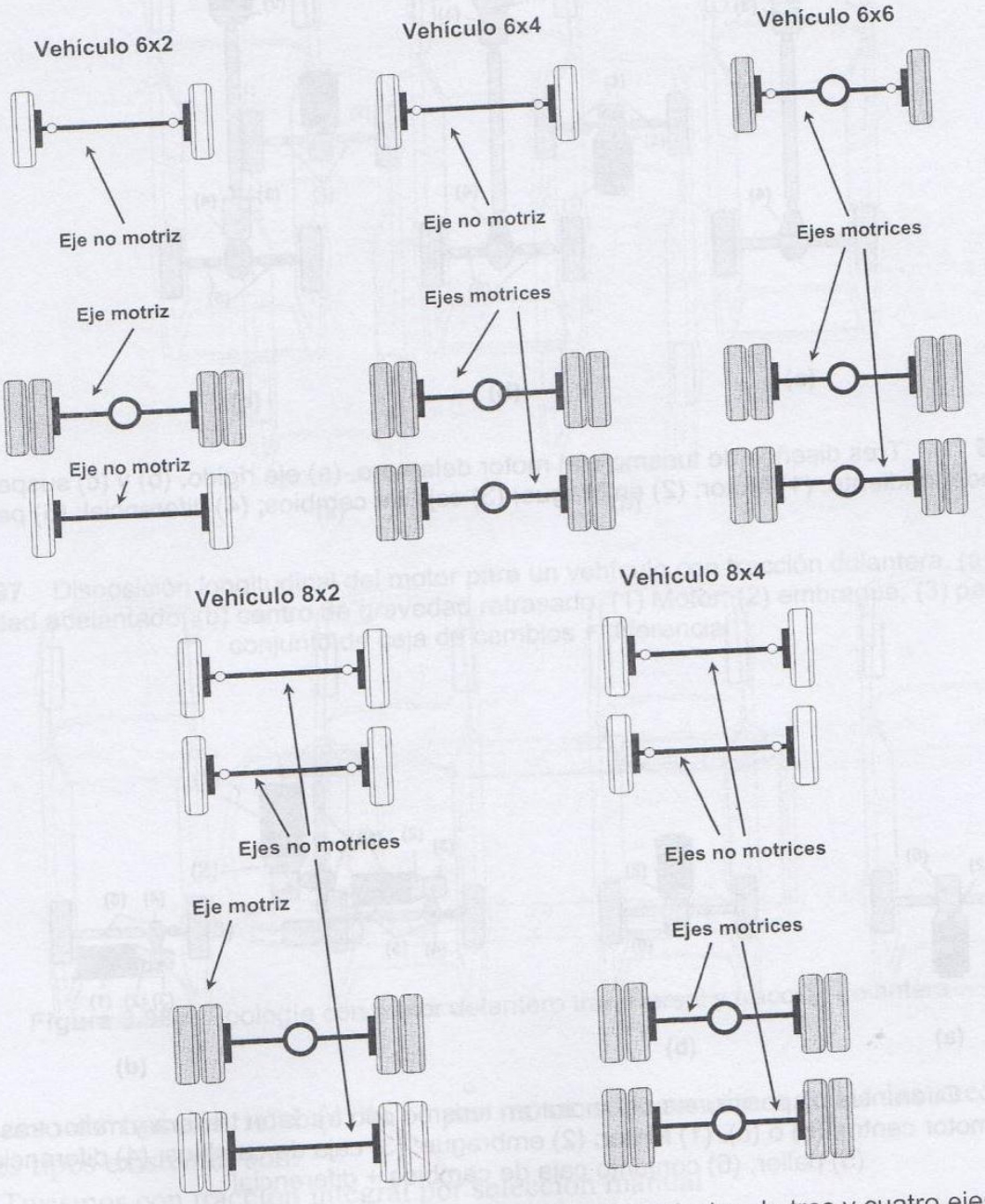


Figura 3.94 Ejemplos de denominación de vehículos de tres y cuatro ejes

© ITES - Paraninfo

Las distintas configuraciones van a determinar el comportamiento dinámico del vehículo, que será diferente en cada caso. La tracción trasera es aquella en la que el par tractor se transmite a las ruedas del eje posterior, distinguiéndose tres topologías diferentes:

- Diseño con motor delantero
- Diseño con motor trasero
- Diseño con motor central

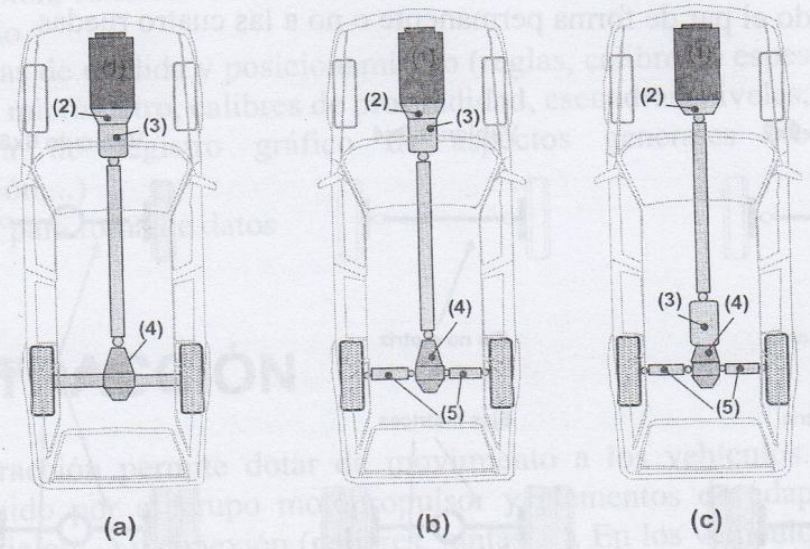


Figura 3.95 Tres diseños de turismo con motor delantero, (a) eje rígido, (b) y (c) suspensión trasera independiente. (1) Motor; (2) embrague; (3) caja de cambios; (4) diferencial; (5) palier

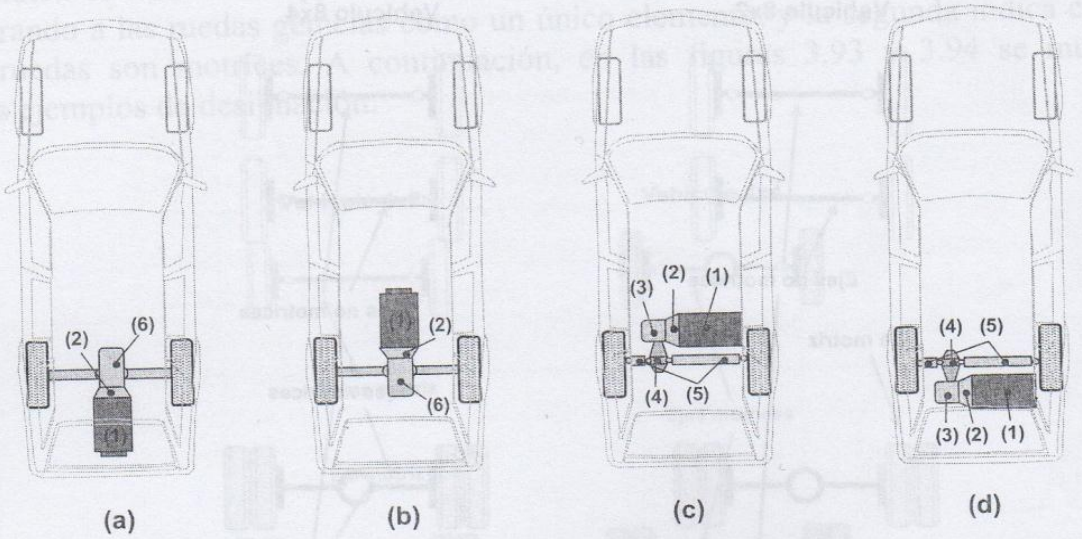


Figura 3.96 Diferentes disposiciones del motor en turismo con tracción trasera y motor trasero (a) y (d) o motor central (b) o (c). (1) Motor; (2) embrague; (3) caja de cambios; (4) diferencial; (5) palier; (6) conjunto caja de cambios + diferencial

© ITES - Paraninfo

La disposición del motor en la parte trasera se hace de forma que éste, el diferencial y la caja de cambios vayan montados en una sola unidad y la tracción la lleven las ruedas traseras. El motor puede ir colocado longitudinal o transversal.

En los vehículos con tracción delantera, el motor, el diferencial y la caja de cambios forman una unidad cuyo centro de gravedad puede estar situado delante, sobre o detrás del eje delantero. Este tipo de tracción no se emplea en vehículos comerciales, a excepción de pequeñas furgonetas con una reducida capacidad de carga. Sin embargo, dado lo extremadamente compacto del diseño, junto con las ventajas dinámicas que presenta, es la tipología más empleada en turismos.

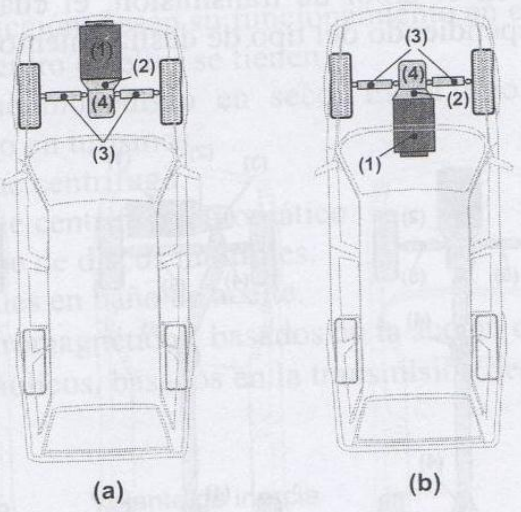


Figura 3.97 Disposición longitudinal del motor para un vehículo con tracción delantera. (a) centro de gravedad adelantado; (b) centro de gravedad retrasado. (1) Motor; (2) embrague; (3) palier; (4) conjunto de caja de cambios + diferencial

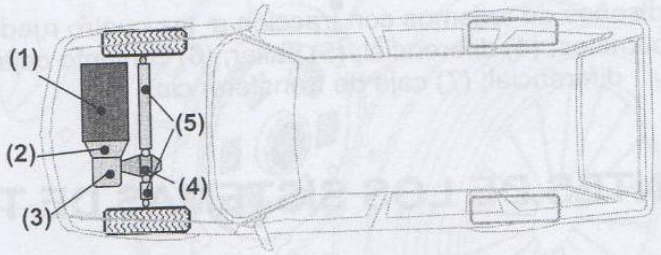


Figura 3.98 Tipología con motor delantero transversal y tracción delantera

Para el caso de tracción total (4x4) el par motor se transmite a todas las ruedas. Los diferentes tipos existentes son:

- Turismos con tracción integral por selección manual
- Vehículos comerciales y todoterreno con tracción integral por selección manual

© ITES - Paraninfo

- Tracción total permanente

La tracción permanente a las cuatro ruedas puede conseguirse por medio de diferentes diseños:

- Un diferencial central con o sin selección de bloqueo manual.
- Un diferencial central *Torsen* con distribución de par, basada en las necesidades de tracción.
- Un diferencial central de engranajes planetarios con distribución de par fija y un embrague viscoso adicional, con función de bloqueo automática cuando tiene lugar una diferencia en el número de revoluciones o un embrague magnético (el cual se controla electrónicamente).
- Un embrague viscoso en el árbol de transmisión, el cual se conecta al eje no tractor inicialmente, dependiendo del tipo de deslizamiento del neumático.

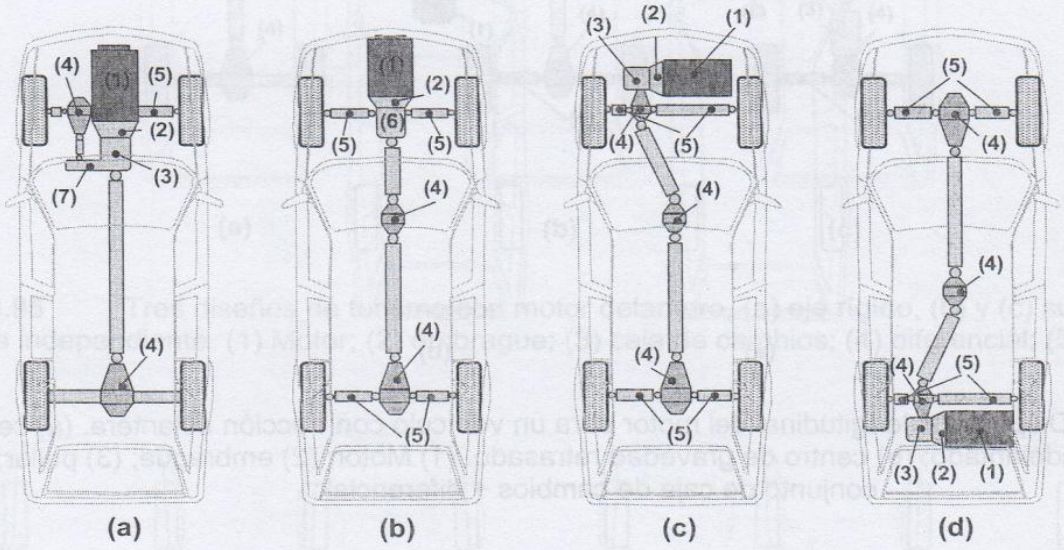


Figura 3.99 Diferentes diseños de turismos con tracción a las cuatro ruedas. (1) Motor; (2) embrague; (3) caja de cambios; (4) diferencial; (5) palier; (6) conjunto caja de cambios + diferencial; (7) caja de transferencia

3.5.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE TRACCIÓN

Aunque, como se ha visto en el apartado anterior, existen diferentes diseños de los sistemas de tracción de los vehículos, en todos ellos se pueden encontrar algunos de los siguientes elementos:

- Motor o propulsor, generalmente térmico (ciclos *Otto* o *Diesel*) o eléctrico
- Embrague
- Convertidor de par

© *ITES - Paraninfo*

- Caja de cambios
- Diferencial
- Acoplamientos
- *Árboles o ejes de transmisión (palieres)*

EL EMBRAGUE

El embrague es un elemento perteneciente a la transmisión de un vehículo que permite, a voluntad del conductor o de forma automática, acoplar o desacoplar la salida de par del motor (cigüeñal - volante de inercia) con la entrada de la caja mecánica de velocidades (primario). Los diferentes tipos de embragues pueden agruparse en tres clases:

- Embragues de fricción, basan su funcionamiento en el rozamiento y la adherencia de dos piezas. Dentro de ellos se tienen:
  - ✓ Embrague monodisco en seco. Es el tipo de embrague de uso más extendido en turismos.
  - ✓ Embrague centrífugo.
  - ✓ Embrague centrífugo automático.
  - ✓ Embrague de discos múltiples.
  - ✓ Embragues en baño de aceite.
- Embragues electromagnéticos, basados en la acción de campos magnéticos.
- Embragues hidráulicos, basados en la transmisión de energía mediante un fluido.

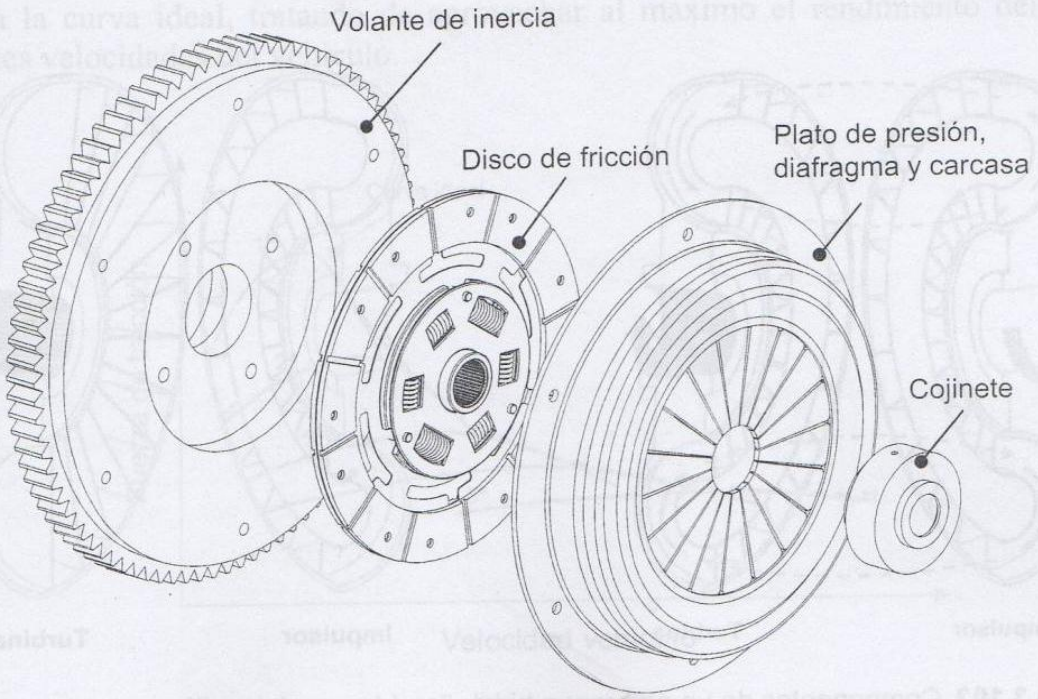


Figura 3.100 Despiece del conjunto embrague monodisco en seco y volante de inercia

© ITES - Paraninfo

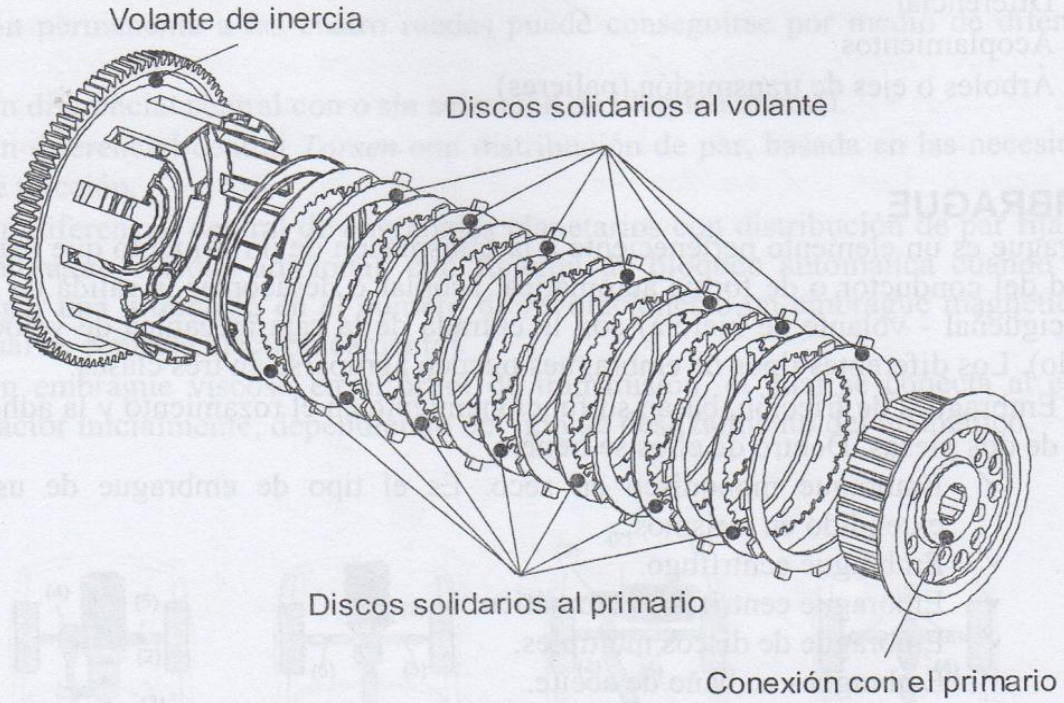


Figura 3.101 Componentes de un embrague de discos múltiples

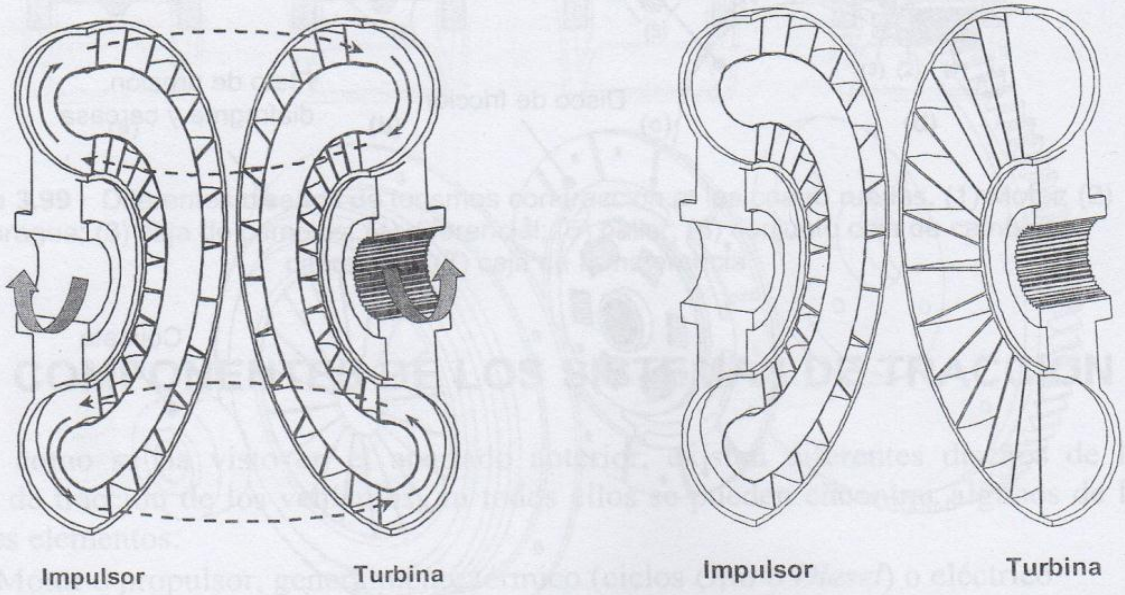


Figura 3.102 Componentes de un embrague hidráulico (dos modelos diferentes de turbina) y flujo de aceite

© ITES - Paraninfo

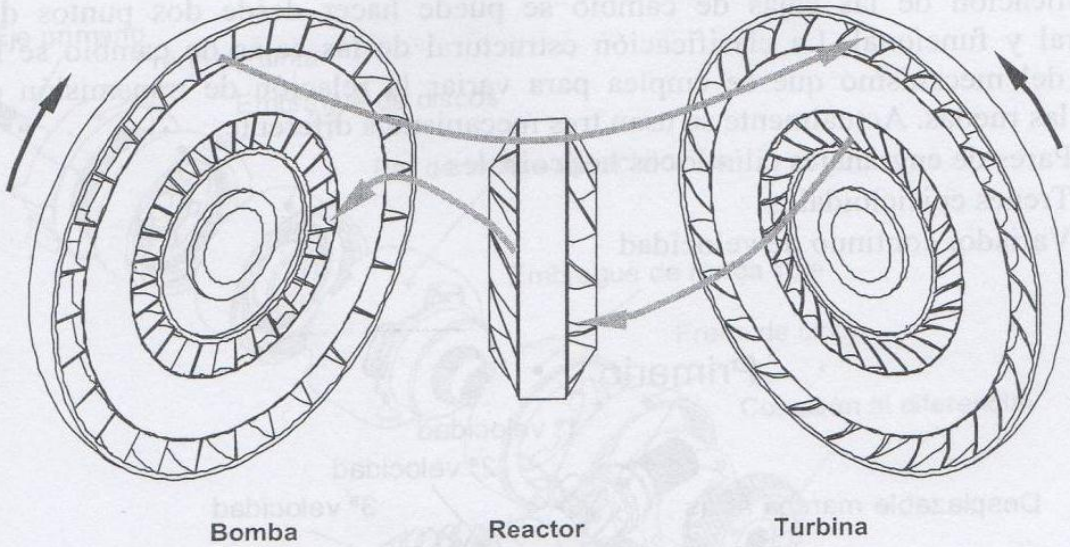


Figura 3.103 Esquema de un convertidor de par, flujo de aceite y componentes

CAJAS DE CAMBIO

La necesidad de disponer de una caja de cambios entre el motor y las ruedas es debida a las características de los propios motores. En la actualidad, prácticamente el 100% de los vehículos de carretera utilizan motores alternativos de combustión interna para generar la energía necesaria para la tracción, con características que se alejan bastante de las requeridas en tracción. Las cajas de cambios se emplean para aproximar la curva del par motor a la curva ideal, tratando de aprovechar al máximo el rendimiento del motor a diferentes velocidades del vehículo.

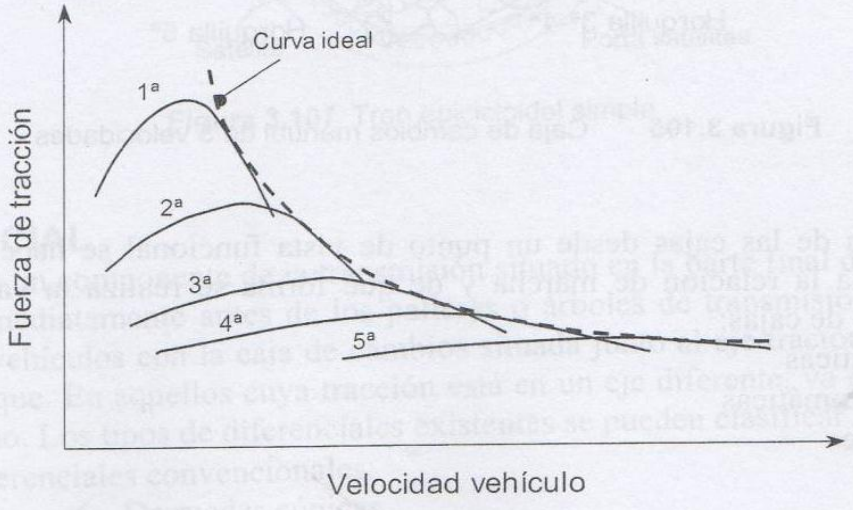


Figura 3.104 Aproximación de la fuerza de tracción a la curva ideal por medio de una caja de cambios de cinco velocidades

© ITES - Paraninfo

La clasificación de las cajas de cambio se puede hacer desde dos puntos de vista, estructural y funcional. La clasificación estructural de las cajas de cambio se hace en función del mecanismo que se emplea para variar la relación de transmisión entre el motor y las ruedas. Actualmente se usan tres mecanismos diferentes:

- Pares de engranajes cilíndricos helicoidales
- Trenes epicicloidales
- Variador continuo de velocidad

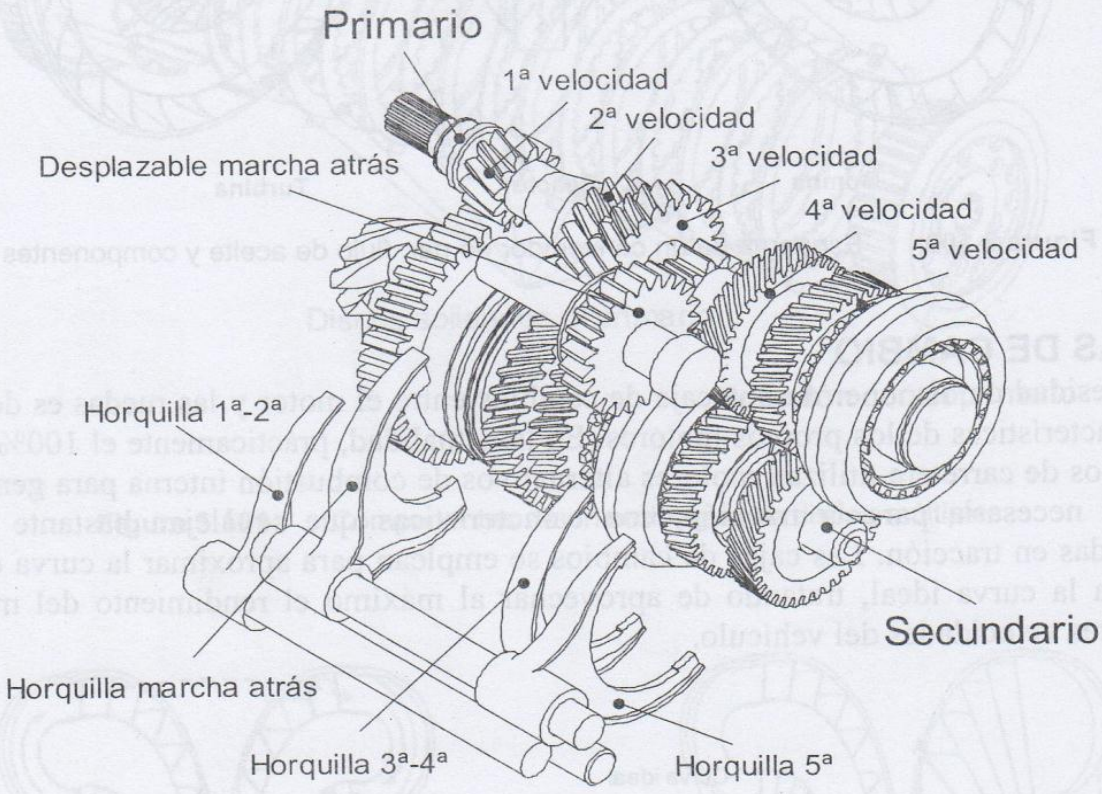


Figura 3.105 Caja de cambios manual de 5 velocidades

La clasificación de las cajas desde un punto de vista funcional se hace en función de quién selecciona la relación de marcha y de qué forma se realiza la variación, así, se tienen tres tipos de cajas:

- Automáticas
- Semiautomáticas
- Manuales

© ITES - Paraninfo

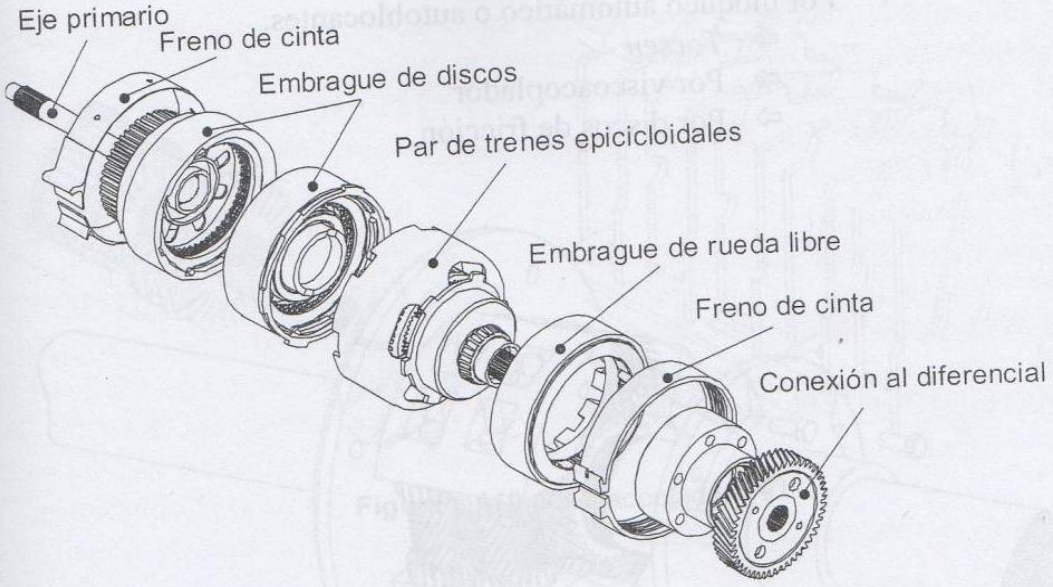


Figura 3.106 Componentes de una caja de cambios automática con disposición *Simpson*

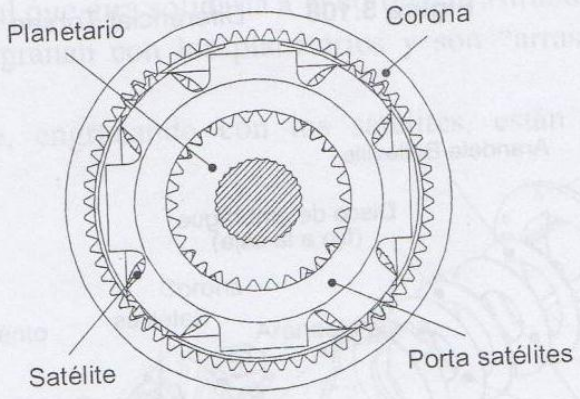


Figura 3.107 Tren epicicloidal simple

EL DIFERENCIAL

El diferencial es un componente de la transmisión situado en la parte final de la cadena de transmisión, inmediatamente antes de los palieres o árboles de transmisión unidos a las ruedas. En los vehículos con la caja de cambios situada junto al eje tractor, suele formar con ésta un bloque. En aquellos cuya tracción está en un eje diferente, va dispuesto en el centro del mismo. Los tipos de diferenciales existentes se pueden clasificar en:

- Diferenciales convencionales:
  - ✓ De ruedas cónicas
  - ✓ De ruedas rectas
- Diferenciales controlados:

© ITES - Paraninfo

- ✓ Por bloqueo manual
- ✓ Por bloqueo automático o autoblocantes:
  - ⇨ *Torsen*
  - ⇨ Por viscoacoplador
  - ⇨ Por discos de fricción

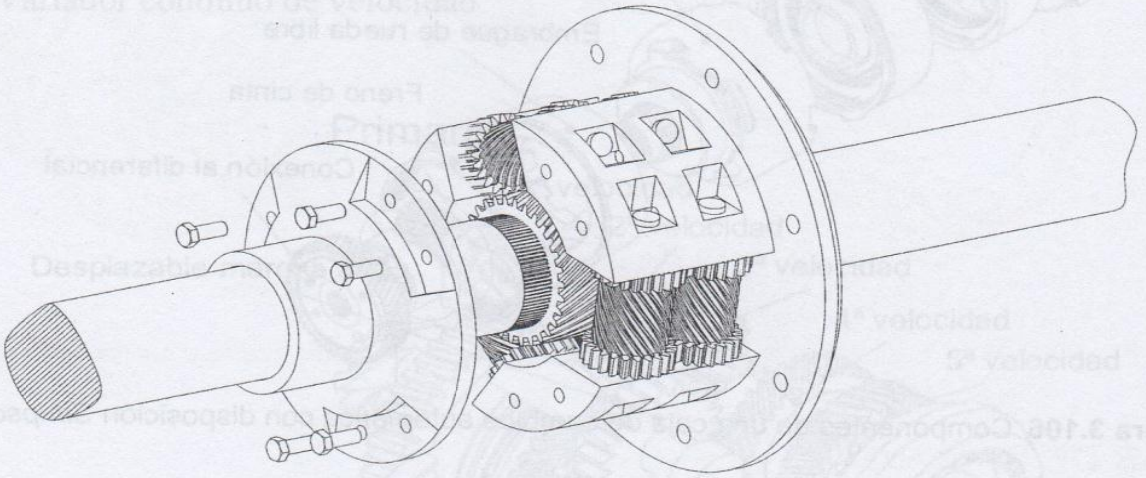


Figura 3.108 Diferencial *Torsen*

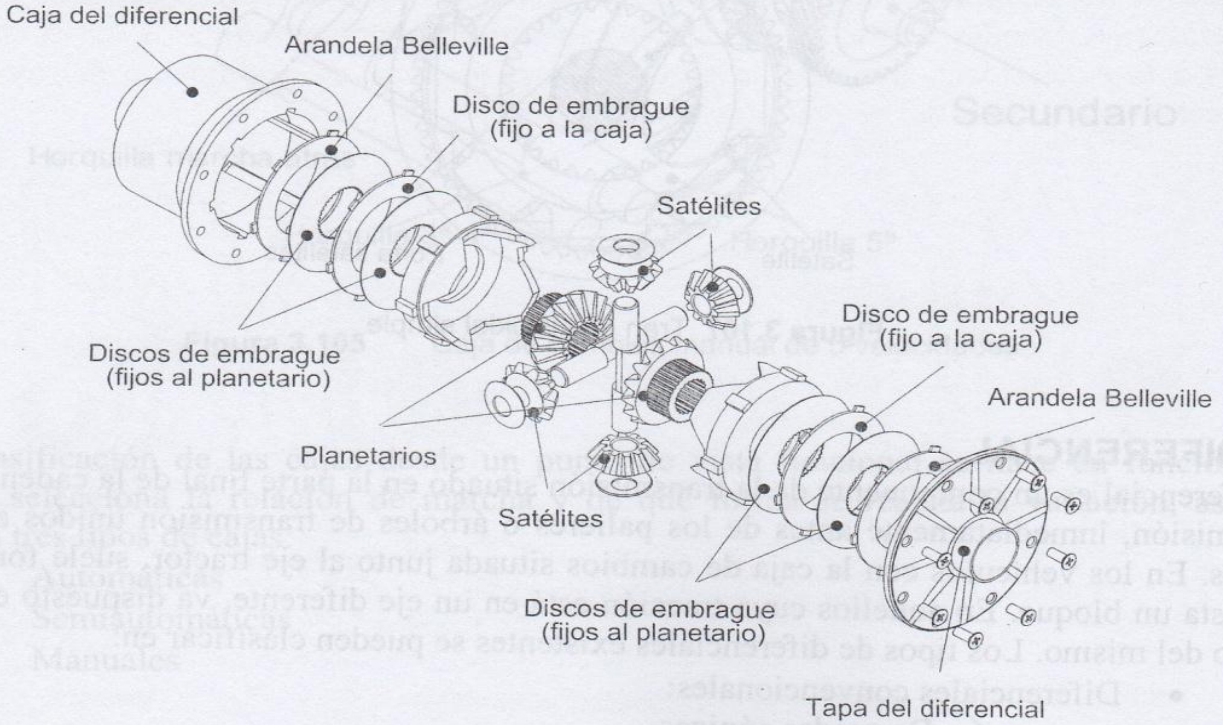


Figura 3.109 Diferencial con bloqueo por discos de fricción

© *ITES - Paraninfo*

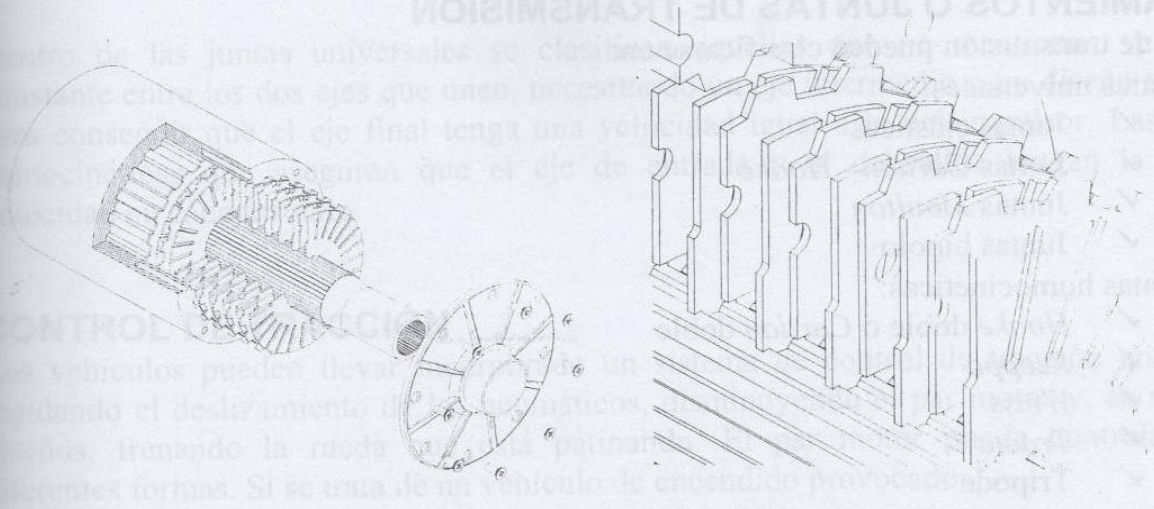


Figura 3.110 Viscoacoplador

El diferencial convencional está constituido por cuatro partes:

- La corona, sobre la que engrana el piñón del árbol de transmisión. Puede ser de engranaje cónico o cilíndrico.
- La caja del diferencial que gira solidaria a la corona arrastrando a los satélites.
- Los satélites que engranan con los planetarios y son "arrastrados" por la caja diferencial.
- Los planetarios que, engranando con los satélites, están acoplados con los palieres.

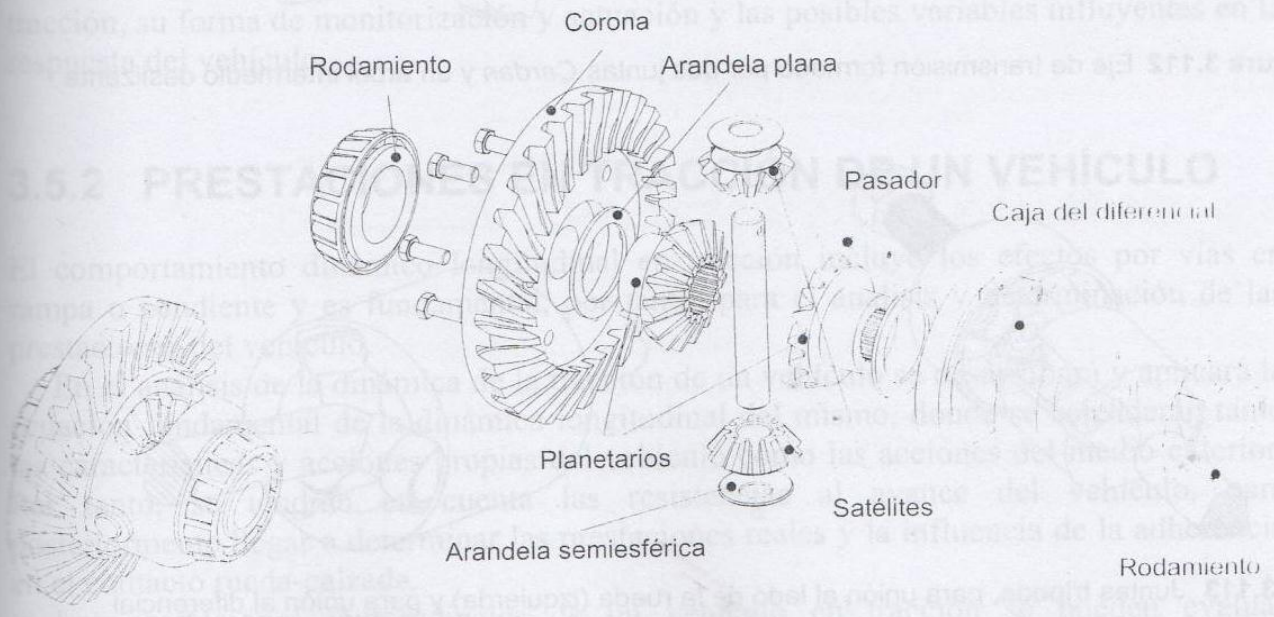


Figura 3.111 Componentes de un diferencial

ACOPLAMIENTOS O JUNTAS DE TRANSMISIÓN

Las juntas de transmisión pueden clasificarse en:

- Juntas universales:
  - ✓ Juntas elásticas
  - ✓ Juntas *Cardan - Hooke*
  - ✓ Juntas *Moulton*
  - ✓ Juntas bipolo
- Juntas homocinéticas:
  - ✓ *Hooke* doble o *Cardan* doble
  - ✓ *Rzeppa*
  - ✓ *Weiss*
  - ✓ *Tracta*
  - ✓ Trípode

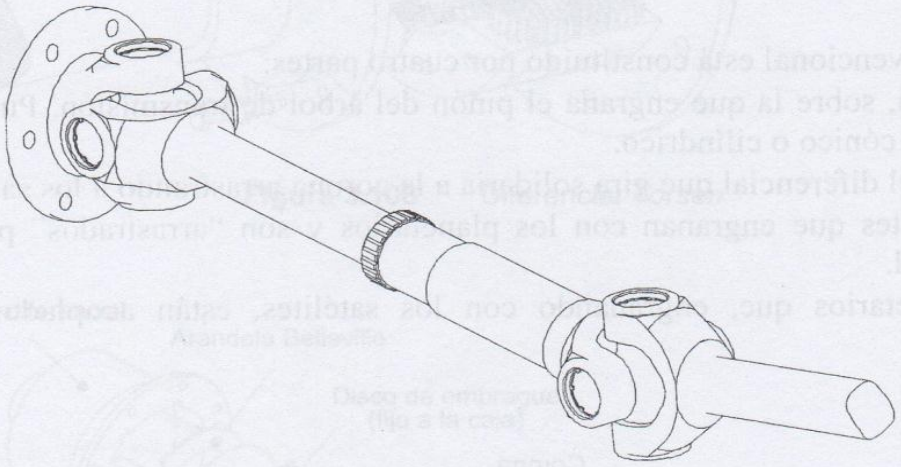
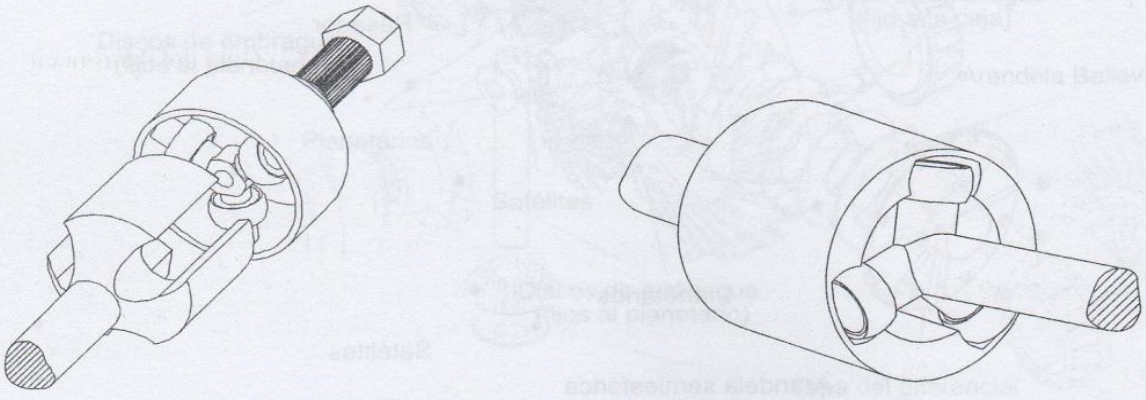


Figura 3.112 Eje de transmisión formado por dos juntas *Cardan* y un árbol intermedio deslizante



3.113 Juntas trípode, para unión al lado de la rueda (izquierda) y para unión al diferencial (derecha)

© *ITES - Paraninfo*

Dentro de las juntas universales se clasifican aquellas que no mantienen velocidad constante entre los dos ejes que unen, necesitando un eje intermedio o un diseño especial para conseguir que el eje final tenga una velocidad igual a la del impulsor. Las juntas homocinéticas que aseguran que el eje de entrada y el de salida tengan la misma velocidad en cada instante.

CONTROL DE TRACCIÓN

Los vehículos pueden llevar incorporado un sistema de control de tracción que actúa regulando el deslizamiento de los neumáticos, disminuyendo el par motor y, en algunos diseños, frenando la rueda que está patinando. El par motor puede controlarse de diferentes formas. Si se trata de un vehículo de encendido provocado:

- Controlando la posición de la mariposa de admisión.
- Variando el avance de encendido o suprimiendo el encendido en alguno de los cilindros.
- Actuando sobre el sistema de inyección, no inyectando combustible en alguno de los cilindros.

En motores de encendido por compresión, el par motor se controla actuando sobre la bomba de inyección, reduciendo la cantidad de combustible inyectado. En algunos modelos de sistemas de control de tracción, el sistema de frenado ABS se utiliza para controlar el par de frenado a la rueda con pérdida de tracción, mejorando el rendimiento del sistema. La intervención del freno proporciona una posibilidad de limitar el deslizamiento o de bloquear el diferencial. Para un posterior análisis del vehículo y su influencia en el accidente hay que caracterizar completamente el sistema de control de tracción, su forma de monitorización y actuación y las posibles variables influyentes en la respuesta del vehículo.

3.5.2 PRESTACIONES EN TRACCIÓN DE UN VEHÍCULO

El comportamiento dinámico longitudinal en tracción incluye los efectos por vías en rampa o pendiente y es fundamental, por tanto, para el análisis y determinación de las prestaciones del vehículo.

En el análisis de la dinámica de la tracción de un vehículo se desarrollará y aplicará la ecuación fundamental de la dinámica longitudinal del mismo, donde se consideran tanto las características y acciones propias del vehículo como las acciones del medio exterior. Por tanto, se tendrán en cuenta las resistencias al avance del vehículo, para posteriormente llegar a determinar las prestaciones reales y la influencia de la adherencia en el contacto rueda-calzada.

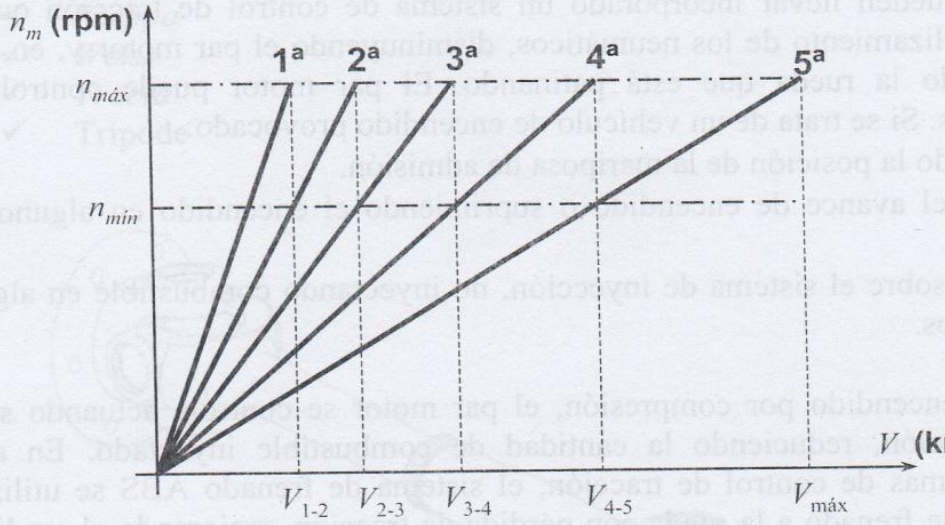
Las prestaciones longitudinales de un vehículo en tracción se pueden evaluar determinando:

- Capacidad de tracción

© ITES - Paraninfo

- ✓ Limitada por la adherencia
- ✓ Limitada por las características del vehículo

- Velocidad máxima y velocidad en función de las vueltas del motor y marcha seleccionada (figura 3.114)
- Rampa máxima superable
  - ✓ Limitada por la adherencia
  - ✓ Limitada por las características del vehículo



3.114 Diagrama de velocidades de avance teóricas, en llano a diferentes regímenes de giro del motor y marchas seleccionadas

La capacidad de tracción permite determinar la aceleración máxima de un vehículo ante determinadas condiciones operativas (figura 3.115).

3.5.3 SISTEMAS DE REGISTRO DEL VEHÍCULO

VELOCÍMETRO

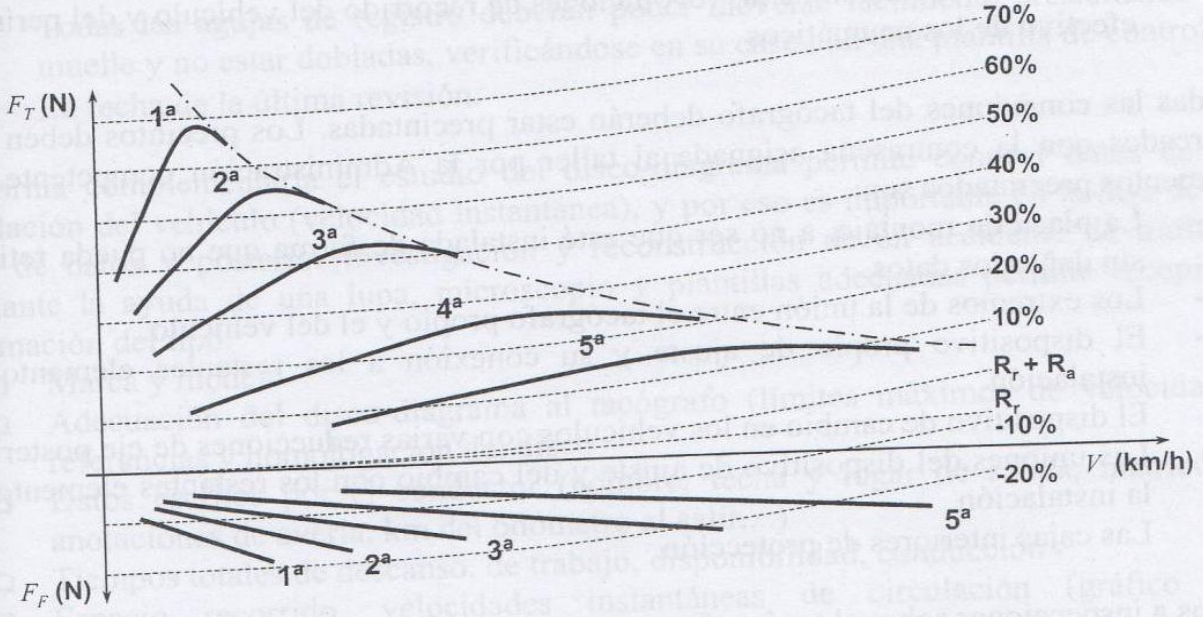
El velocímetro es un registrador de la velocidad de circulación instantánea del vehículo y, en el caso de un accidente, puede quedar bloqueado en un valor distinto de cero (posición de reposo), debido a las deformaciones producidas por el impacto. Este elemento genera la información de la velocidad de forma indirecta, por medio de la evaluación del giro de algún elemento. Estos elementos suelen estar asociados al eje de salida (secundario) de la caja de cambios, al diferencial o a algunas de las ruedas. Es decir, no se mide la velocidad de avance directamente, sino que se calcula en función del giro de las ruedas. Es por ello que, para la utilización adecuada del posible valor indicado, hay que tener en cuenta diversos aspectos como:

© *ITES - Paraninfo*

- Tipo de accidente.
- Tipo de velocímetro y mecanismo por el que genera la visualización de la velocidad.
- Uniones o enlaces (mecánicos, eléctrico, electrónicos,...) entre el velocímetro y el elemento rotativo.
- Tipo de neumáticos.
- Reformas realizadas en el sistema de tracción (caja de cambios, diferencial, juntas, ruedas,...).

Hay que tener en cuenta que los diversos mecanismos del accidente pueden invalidar los valores observados. Por ejemplo un vehículo cuyas ruedas pierden contacto con el suelo, si el conductor mantiene el pedal de acelerador presionado, hará que las ruedas se aceleren "en vacío" y por tanto subirá mucho lo indicado en el velocímetro, sin que por ello aumente la velocidad real del vehículo.

Esto puede ser análogo a lo que ocurrirá con un vehículo con tracción trasera, que sufre un violento choque frontal, que produce una elevación importante del eje trasero. Del mismo modo unas ruedas con un diámetro inferior al nominal pueden incrementar artificialmente el valor de la velocidad registrada.



3.115 Fuerzas de tracción y frenado de un vehículo en función de la velocidad, rampa/pendiente, resistencias al avance y marcha seleccionada

TACÓGRAFO

Es un equipo de control encargado de registrar una serie de parámetros relacionados con la actividad del conductor y vehículo. Su instalación es obligatoria en diversos tipos de vehículos. Sus funciones principales son registrar velocidad del vehículo, la distancia

© ITES - Paraninfo

recorrida y los tiempos de conducción, trabajos y descanso del conductor. Los vehículos para transporte de mercancías de MMA > 3500 kg, incluido el remolque o semirremolque, y los vehículos destinados al transporte de viajeros que pueden transportar más de nueve personas como máximo, incluido el conductor y que se empleen a tal fin, deberán llevar instalado un tacógrafo, salvo en los casos recogidos en la reglamentación aplicable.

Dicho tacógrafo deberá corresponder a tipo homologado, estar correctamente instalado por un instalador o taller autorizado para la marca del tacógrafo y ser sometido a revisiones periódicas bianuales por un taller autorizado para la marca del tacógrafo o, en su caso, por estación ITV autorizada para este cometido.

Después del control de montaje y en su primer montaje se colocará en el vehículo o junto al tacógrafo una placa de montaje bien visible. Después de cada trabajo de un instalador o de un taller autorizado que precise una modificación del ajuste del propio montaje, la placa de montaje se sustituirá por otra nueva. Debe estar precintada, excepto si es de papel plastificado adherido mediante un sistema que impida su retirada sin resultar destruido. La placa de montaje debe contener como mínimo:

- Nombre, dirección o marca comercial del instalador o taller autorizado
- Revoluciones de recorrido del vehículo (W) en giros/kilómetro o en impulsos/kilómetro
- Perímetro efectivo de los neumáticos (L) en milímetros
- Fecha de la medición de las revoluciones de recorrido del vehículo y del perímetro efectivo de los neumáticos

Todas las conexiones del tacógrafo deberán estar precintadas. Los precintos deben estar marcados con la contraseña asignada al taller por la Administración competente. Los elementos precintados son:

- La placa de montaje, a no ser que esté instalada de forma que no pueda retirarse sin dañar los datos.
- Los extremos de la unión entre el tacógrafo propio y el del vehículo.
- El dispositivo propio de ajuste y su conexión a los restantes elementos de instalación.
- El dispositivo de cambio en los vehículos con varias reducciones de eje posterior.
- Las uniones del dispositivo de ajuste y del cambio con los restantes elementos de la instalación.
- Las cajas interiores de protección.

Datos a inspeccionar sobre el tacógrafo:

- Existencia y homologación del tacógrafo, y otros datos de la placa descriptiva como marca, modelo, tipo y nº de serie.
- Existencia de la placa de montaje (indicando el taller y su nº de homologación, fecha de montaje y constantes W, K y L).
- Que los datos contenidos en la placa de montaje sean correctos. Por ejemplo, perímetro de ruedas.

© *ITES - Paraninfo*

- Cuando sea posible, comprobar los precintos llevan la contraseña de un taller autorizado para la marca del tacógrafo.
- Cuando sea posible, comprobar que los precintos y/o los dispositivos de protección de las conexiones estén intactos:
  - Precintos de las uniones eléctricas y mecánicas desmontables.
  - Con el tacógrafo abierto, verificar que las tapas de los accesos a los mecanismos de registro y de recorrido están precintadas.
- Respecto al disco diagrama. Verificar que todas las agujas ofrecen un registro inequívoco en base a su control visual. El registro de velocidades no debe presentar arcos ni ángulos uniformes, debiendo comenzar en la línea de reposo. Durante la marcha, el registrador de tiempo ha de marcar un registro en forma de trazos o de escalones. El recorrido ha de ofrecer la forma usual de zig-zag.
- El final de gama de medición del tacógrafo ha de coincidir con el final de la gama de registro del disco-diagrama utilizado. Comprobar que el nº de homologación del tacógrafo, está comprendido en los que figuran en el disco.
- El cierre o apertura del tacógrafo quedará marcado en el disco-diagrama.
- El funcionamiento del mecanismo de relojería puede comprobarse en el propio tacógrafo o en el disco-diagrama, verificando que no se producen registros verticales de las agujas.
- Todas las agujas de registro deberán poder moverse fácilmente presionando el muelle y no estar dobladas, verificándose en su caso con una plantilla de control.
- La fecha de la última revisión.

De forma complementaria el estudio del disco-diagrama permite conocer datos de la circulación del vehículo (velocidad instantánea), y por eso es importante en la fase de la toma de datos y posterior investigación y reconstrucción de un accidente de tráfico. Mediante la ayuda de una lupa, microscopio y plantillas adecuadas permite recopilar información del tipo:

- Marca y modelo
- Adecuación del disco-diagrama al tacógrafo (límites máximos de velocidad), referencias y homologación del disco
- Datos escritos por el conductor (nombre, fecha y lugar de salida, matrícula, anotaciones de avería, km del odómetro al salir,...)
- Tiempos totales de descanso, de trabajo, disponibilidad, conducción
- Espacio recorrido, velocidades instantáneas de circulación (gráfico de velocidades)
- Tipo de conducción
- Manipulaciones o alteraciones en el tacógrafo, dobles grabaciones, apertura del tacógrafo

Los datos obtenidos del disco-diagrama deben ser tomados con las precauciones indicadas en lo relativo al velocímetro.

© ITES - Paraninfo

En pocos meses va a producirse la incorporación de los nuevos tacógrafos digitales, completamente diferentes a los utilizados hasta la actualidad. Con arreglo al artículo 2 del Reglamento 2135/98 sería obligatorio a partir del 5 de agosto de 2004 ("veinticuatro meses después de la publicación de las prescripciones técnicas en el D.O.C.E., para vehículos puestos en circulación por primera vez"). No obstante, con motivo del retraso en la homologación de dichos tacógrafos, la Comisión ha propuesto un aplazamiento de 9 meses, es decir, será obligatorio instalar los tacógrafos digitales a partir del día 5 mayo de 2005.

Este nuevo dispositivo incluirá cables, sensores, un dispositivo de almacenamiento electrónico de información relativa al conductor, un (dos) lector(es) de tarjetas para la inserción de una o dos tarjetas de conductor con memoria, una impresora integrada o externa, instrumentos de visualización, dispositivos para transferir datos, dispositivos activables para visualizar e imprimir información, así como un dispositivo para introducir los lugares de inicio y final del período de trabajo diario.

El tacógrafo registra y almacena datos en su memoria y en las tarjetas. En las tarjetas se almacenan las actividades realizadas por su titular (en el caso del conductor durante 28 días). En la memoria se almacenan actividades realizadas por los conductores durante los últimos 365 días (se entienden 365 días civiles de actividad media de un conductor en un vehículo). Las resoluciones de los datos son:

- Las horas se registran con una resolución de un minuto, a menos que se especifique lo contrario.
- Los valores del cuentakilómetros se registran con una resolución de un kilómetro.
- Las velocidades se registran con una resolución de 1 km/h.

El aparato de control debe ser capaz de registrar y almacenar de forma implícita o explicita en su memoria los datos siguientes:

- Datos de identificación de los equipos
- Elementos de seguridad
- Datos de inserción y extracción de la tarjeta del conductor
- Datos sobre la actividad del conductor
- Lugares donde comienzan o terminan los períodos de trabajo diarios
- Datos del cuentakilómetros
- Datos pormenorizados sobre la velocidad
- Datos sobre incidentes y fallos
- Datos de calibrado y de ajuste de la hora
- Datos sobre actividades de control
- Datos sobre los bloqueos introducidos por las empresas
- Datos sobre actividades de transferencia
- Datos sobre condiciones específicas

© *ITES - Paraninfo*

Los datos almacenados en la memoria o en las tarjetas pueden ser vistos en pantalla o impresos, existiendo, al menos, seis tipos de documentos de impresión:

- impresión diaria de las actividades del conductor almacenadas en la tarjeta
- impresión diaria de las actividades del conductor almacenadas en la unidad intravehicular
- impresión de incidentes y fallos almacenados en la tarjeta
- impresión de incidentes y fallos almacenados en la unidad intravehicular
- impresión de datos técnicos
- impresión de excesos de velocidad

Los cuatro tipos de tarjetas que se utilizarán son:

- tarjeta del conductor (fondo predominante blanco)
- tarjeta de control (fondo predominante azul)
- tarjeta del centro de ensayo (fondo predominante rojo)
- tarjeta de la empresa (fondo predominante amarillo)

Después de la instalación y verificado el aparato de control, se coloca en el mismo, o junto a él, una placa de instalación bien visible y de fácil acceso. Después de cada nueva intervención del instalador o del centro de ensayo autorizado, la placa debe sustituirse por una nueva. En la placa deben figurar, como mínimo, los datos siguientes:

- nombre completo y domicilio o nombre comercial del instalador o del centro de ensayo autorizado
- coeficiente característico del vehículo, en la forma W = ... imp/km
- constante del aparato de control, en la forma K = ... imp/km
- circunferencia efectiva de los neumáticos de las ruedas, en la forma l = ... mm
- tamaño de los neumáticos
- fecha en la que se determina el coeficiente característico del vehículo y se midió la circunferencia efectiva de los neumáticos de las ruedas
- el numero de identificación del vehículo (VIN)

Deben estar precintados los elementos siguientes:

- cualquier conexión que, de estar desconectada, ocasionaría modificaciones o perdidas de datos imposibles de descubrir
- la placa de instalación, salvo que esté sujeta de tal modo que no pueda retirarse sin destruir las inscripciones que figuran en ella

CUENTA-REVOLUCIONES

De forma complementaria al tacógrafo y velocímetro, el cuenta-revoluciones puede aportar información. Del mismo modo que el velocímetro, registra el valor instantáneo de el régimen de giro del motor. De forma habitual la deceleración del vehículo es más lenta que la de su motor, con lo que es una información que tiende a desaparecer rápidamente.

© ITES - Paraninfo

En caso de ser combinada con la relación seleccionada en la caja de cambios, permite indicar un umbral mínimo de velocidad de circulación.

LIMITADORES DE VELOCIDAD

Según recoge la Directiva 2002/85/CE, los vehículos de la categoría M3 con una masa máxima que exceda de 10 toneladas y los vehículos de la categoría N3 sólo pueden circular por la vía pública si tienen instalado un dispositivo de limitación de velocidad regulado de tal manera que su velocidad no pueda superar los 100 kilómetros por hora para M3 y los 90 kilómetros por hora para N3. Esto es aplicable a:

a) los vehículos matriculados a partir del 1 de enero de 1994, desde el 1 de enero de 1994
b) los vehículos matriculados entre el 1 de enero de 1988 y el 1 de enero de 1994:
   i. desde el 1 de enero de 1995, si se trata de vehículos que efectúan tanto transportes nacionales como internacionales
   ii. desde el 1 de enero de 1996, si se trata de vehículos destinados exclusivamente al transporte nacional

En lo que se refiere a los vehículos de motor de la categoría M2, los vehículos de la categoría M3 con un peso máximo superior a 5 toneladas pero igual o inferior a 10 toneladas y los vehículos de la categoría N2, será necesario que tengan instalado el dispositivo limitador de velocidad en los siguientes casos:

a) los vehículos matriculados a partir del 1 de enero de 2005, desde el 1 de enero de 2005
b) los vehículos conformes a los valores límite indicados en la Directiva 88/77/CEE matriculados entre el 1 de octubre de 2001 y el 1 de enero de 2005:
   i. a partir del 1 de enero de 2006, si se trata de vehículos que efectúan tanto transportes nacionales como internacionales
   ii. a partir del 1 de enero de 2007, si se trata de vehículos destinados exclusivamente al transporte nacional

Durante un período de tres años como máximo contados a partir del 1 de enero de 2005, todo Estado miembro de la Unión Europea podrá eximir de la utilización de los dispositivos limitadores de velocidad a los vehículos de la categoría M2 y a los de la categoría N2 con un peso máximo superior a 3,5 toneladas, pero igual o inferior a 7,5 toneladas, matriculados en el registro nacional y que no circulen en el territorio de otro Estado miembro.

Como se recoge en el Real Decreto 2484/1994, la instalación y comprobación del funcionamiento de un dispositivo limitador de velocidad debe hacerse por un taller y entidad autorizada. Tras la instalación o cada comprobación de funcionamiento el taller debe colocar en lugar visible del interior de la cabina una placa de montaje precintada o

© *ITES - Paraninfo*

con algún sistema que impida su retirada sin ser destruida en el caso de que la placa sea de papel plastificado. En la placa de montaje deben de figurar los siguientes datos:

- Nombre del taller o entidad
- Contraseña del taller o la entidad
- Fecha de instalación
- Perímetro efectivo en milímetros (L) de los neumáticos
- Si el limitador obtiene la señal del tacógrafo, coeficiente característico del vehículo (W) que figura en la placa de instalación del tacógrafo en rev/km o impulsos/km
- Velocidad seleccionada en el limitador en km/h (V)

La Orden de 28 de octubre de 1996 por la que se modifica el Anexo del Real Decreto 2484/1994, de 23 de diciembre, dispone que en el caso de vehículos homologados según la Directiva 92/24/CEE, que incorporen el limitador de velocidad en origen, es decir, instalado por el propio fabricante del vehículo como primer equipo, y en lo que se refiere a esa primera instalación y comprobación de funcionamiento, la placa de montaje podrá ser sustituida por un certificado emitido por el fabricante o su representante legal en España, que se llevará junto con la tarjeta ITV o por su mención, en la propia tarjeta ITV. En el certificado deben constar los siguientes datos:

a) Velocidad seleccionada en el limitador en km/h (V)
b) Valor (W) en rev/km o impulsos/km del tacógrafo, si la señal se obtiene de dicho aparato
c) Perímetro efectivo de los neumáticos en milímetros (L)
d) Fecha del certificado
e) Número VIN del vehículo

Todas las conexiones del limitador deberán estar precintadas:

- Conector de la unidad de control, excepto cuando sea necesario para que circule
- Conexión del limitador al tacógrafo o toma de señal
- Sistema articulado del mando de la bomba
- Todas las uniones eléctricas y conectores
- Placas de montaje, si procede

Comprobaciones y operaciones a realizar:

- Comprobación y anotación de la homologación del limitador de velocidad
- Comprobación de la existencia de la placa de montaje o, en su caso, certificado sustitutivo
- Anotación de los datos contenidos en la placa de montaje y comprobación, si procede, de que son correctos
- Cuando sea posible, que los precintos y los dispositivos de protección de las conexiones están intactos
- Cuando sea posible, mediante la conexión al tacógrafo de un simulador de velocidad se comprobará que:

© ITES - Paraninfo

- La constante "*K*" del tacógrafo coincide con el coeficiente característico del vehículo "*W*" que figura en la placa de montaje del limitador y/o placa de instalación del tacógrafo. Se aceptarán desviaciones de hasta ± 50 unidades.
- La velocidad a la que se ha regulado el limitador de velocidad no supera los valores prescritos. En la comprobación se admitirán como velocidades de actuación máximas 90 km/h para los vehículos de la categoría N3 y 105 km/h para vehículos de la categoría M3.

CAJAS NEGRAS

Aunque en la actualidad no es obligatorio la incorporación de las cajas negras en los vehículos, si existen algunos componentes electrónicos que pueden almacenar información de diferentes sensores. En algunos modelos de vehículos, los módulos de control electrónico (centralita de inyección, centralita del airbag, etc.) disponen de una memoria que registra los datos durante un corto espacio de tiempo. De tal forma que pueden ser analizados con posterioridad a un accidente.

Existen equipos comerciales, aplicables a determinados modelos del mercado, que permiten descargar a un PC los datos almacenados por los sistemas electrónicos del vehículo. Conectado a la centralita del airbag o al conector de diagnosis de los vehículos, se pueden obtener los datos de la velocidad del vehículo, del motor, situación del estado de frenos, del acelerador, del cinturón de seguridad, etc. Los datos que es posible obtener dependen del grado de sensorización del vehículo y de los sensores que gestione la unidad que almacena los datos. El tiempo que suelen registrar los módulos del airbag es de unos 5 segundos.

3.5.4 METODOLOGÍA

Para realizar el estudio del sistema de tracción de un vehículo, en la fase de toma de datos hay que analizar:

- ✓ Tipo de tracción (delantera, trasera, total, 6x2, 6x4, 6x6,...)
- ✓ Disposición del motor (longitudinal/transversal)
- ✓ Elementos del sistema de tracción (tipo, características y posición). Estado general, daños o modificaciones:
  - Motor: Estado general (gripado, defectos, modificaciones...)
  - Sistemas de alimentación del combustible:
    - Tensión de la correa/cadena de la distribución (rotura)
    - Cable y sistemas de control del acelerador (mariposa / inyección)
    - Estado, alteraciones u obstrucciones del sistema de alimentación de combustible
    - Modificaciones en la centralita de inyección
  - Embrague

© *ITES - Paraninfo*

- Caja de cambios:
  - Tipo (manual/automática)
  - Número de marchas
  - Relaciones de reducción para cada marcha
  - Relación de reducción del grupo cónico (hipoide)
  - Posición de la palanca (marcha seleccionada)
- Transmisión
- Diferencial
- Juntas
- Reducciones adicionales

✓ Control de tracción
✓ Indicación del velocímetro, cuentakilómetros, medidor del régimen del motor (revoluciones por minuto)
✓ Tacógrafo y disco diagrama
✓ Limitador de velocidad y estado

Se dispondrá el vehículo en un foso o elevador, y en su caso utilizando un detector de holguras y mediante inspección visual se comprobará:

✓ El estado del motor, con atención especial a pérdidas de aceite.
✓ Anclajes del motor, con especial atención a efectos de oxidación, corrosión, grietas, etc.
✓ Cableado del circuito de encendido y sus características antiparasitarias.
✓ Instalación eléctrica: estado del cableado con especial atención a encintado, fijaciones, aislamientos y proximidad a puntos calientes o en movimiento.
✓ Batería: fijación al bastidor, ausencia de fugas de electrolito y estado de los bornes y conexiones.
✓ Defectos de estado del depósito o de los conductos de combustible
✓ Que en caso de existir más de un depósito, la suma de sus capacidades no supera el límite legalmente establecido.
✓ Estado del depósito, fijaciones y de las conducciones del combustible, con especial atención a fugas, efectos de oxidación o corrosión y presencia de grietas.
✓ Fijación del depósito y de las conducciones del combustible.
✓ Que no existe una proximidad excesiva entre los elementos que contienen combustible, y las zonas calientes del vehículo y las conexiones eléctricas.
✓ Que no existan pérdidas de combustible.
✓ Estado del tubo de escape y del silenciador, con especial atención a fugas, efectos de oxidación o corrosión y presencia de grietas o perforaciones.
✓ Fijación del tubo de escape y silenciador al bastidor.
✓ Estanqueidad de los cárteres de la transmisión.
✓ Estado de los guardapolvos.
✓ Existencia de holguras o fisuras en los elementos de la transmisión.
✓ Ruidos extraños o rumorosidad en la caja de cambios.

© ITES - Paraninfo

- ✓ Dificultad o dureza en la selección de las marchas.
- ✓ Deselección no deseada de las marchas.
- ✓ Sensación de "rascado" al seleccionar una marcha.
- ✓ Problemas con la selección de las marchas en cajas de cambio automáticas o semiautomáticas.
- ✓ Anclajes de la transmisión al bastidor con especial atención a efectos de oxidación o corrosión y presencia de grietas.
- ✓ Existencia de modificaciones o sustituciones en el sistema no permitidas por la reglamentación vigente.

Mediante inspección visual se comprobará, en lo referente al tacógrafo:

- ✓ Existencia y homologación del tacógrafo.
- ✓ Existencia de la placa de montaje.
- ✓ Que los datos contenidos en la placa de montaje sean correctos.
- ✓ Cuando sea posible que los precintos llevan la contraseña de un taller autorizado para la marca del tacógrafo.
- ✓ Cuando sea posible, que los precintos y/o los dispositivos de protección de las conexiones estén intactos.
- ✓ La fecha de la última revisión.
- ✓ Adecuación del disco-diagrama al tacógrafo (homologación, velocidad máxima, anclaje del disco,...).
- ✓ Estudio y análisis de los estiletes.
- ✓ Estudio del disco-diagrama (velocidad, tiempo de actividad, distancias, aperturas, posibles manipulaciones, anotaciones del conductor...)

Mediante inspección visual, cuando sea posible, se comprobará, en lo referente al limitador de velocidad:

- ✓ Existencia y, en su caso, homologación del limitador de velocidad.
- ✓ Existencia de la placa de montaje o, en su caso, certificado sustitutivo.
- ✓ En su caso, que los datos contenidos en la placa de montaje sean correctos.
- ✓ Cuando sea posible, que los precintos y los dispositivos de protección de las conexiones contra manipulación fraudulenta están intactos.

Cuando sea posible, mediante la conexión al tacógrafo de un simulador de velocidad se comprobará que la constante "*K*" del tacógrafo coincide con el coeficiente característico del vehículo "*W*" que figura en la placa de montaje del limitador y/o placa de instalación del tacógrafo. Se aceptarán desviaciones de hasta ±50 unidades.

La velocidad a la que se ha regulado el limitador de velocidad no supera los valores prescritos. En la comprobación se admitirán como velocidades de actuación máximas 90 km/h para los vehículos de la categoría N3 y 105 km/h para vehículos de la categoría M3.

© *ITES - Paraninfo*

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Estudio del vehículo – Tracción

Vehículo marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Sistema de tracción y transmisión

Motor

Motor marca:		Tipo:	
Número cilindros		Cilindrada	
Nº serie		Régimen ralentí/máximo	

Curvas de par y potencia del motor

Transmisión

Tipo tracción		Posición motor	
Embrague		Marca/modelo:	

Caja de cambios

Tipo		Relaciones	
Marca/modelo		1ª	
Nº relaciones		2ª	
Nº serie		3ª	
		4ª	
Reductora		5ª	
Relación grupo cónico			
Tipo diferencial		Marcha atrás	

Modificaciones o alteraciones:

Diagrama de velocidades de avance para cada relación de la caja de cambios

Figura 3.116 Ejemplo de ficha para la toma de datos del sistema de propulsión

© ITES - Paraninfo

Para la evaluación de las características dinámicas completas del vehículo en tracción se realizarán ensayos en banco de potencia o en carretera (apartado 4.4.4 y 4.4.5), en el lugar del accidente, preferiblemente, con los vehículos implicados, o en caso de no ser posible con otros semejantes.

ELEMENTOS DE INSPECCIÓN Y MEDIDA

- ✓ Sistema de elevación (gato)
- ✓ Foso o elevador con detector de holguras
- ✓ Banco de potencia para el motor y vehículo completo
- ✓ Instrumentación relativa a la suspensión y comportamiento dinámico del vehículo, que incluirá, como mínimo, sensores de recorrido de suspensión, sensores de aceleraciones lineales y angulares tridimensionales del vehículo.
- ✓ Pista de ensayo o en la escena del accidente
- ✓ Sistemas de medida y posicionamiento (reglas, calibre de espesores, calibre pie de rey, micrómetro, calibres de profundidad, escuadras, niveles,...)
- ✓ Sistema de registro gráfico de aspectos generales (fotografía, vídeo filmación,...)
- ✓ Fichas para toma de datos
- ✓ Instrumentación aceleración, velocidad,...
- ✓ Disco-diagrama del tacógrafo
  - o Plantilla de medición de tiempos
  - o Lupa
  - o Base
  - o Microscopio

3.6 SISTEMA DE FRENADO

El sistema de frenado proporciona la capacidad de reducir la velocidad del vehículo y, si es necesario, la detención total del mismo, con lo que representa un elemento fundamental en la seguridad, que tiene que cumplir una condiciones determinadas tanto en el Reglamento nº 13 anejo al Acuerdo de Ginebra como la directiva europea 98/12. El dispositivo de freno se compone del mando, la transmisión y el freno propiamente dicho. La reglamentación estipula que el sistema de frenado de un vehículo turismo tiene que incluir un equipo formado por:

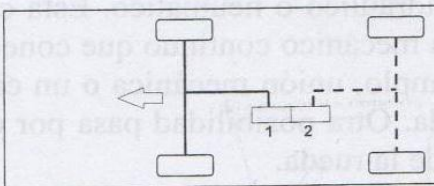
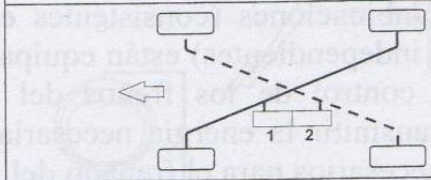
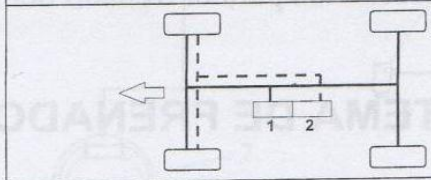
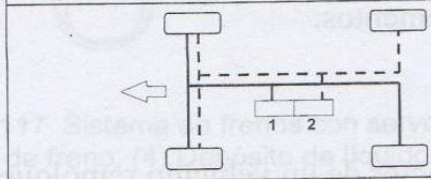
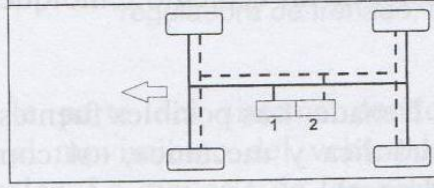
- ✓ Freno de servicio
- ✓ Freno de socorro
- ✓ Freno de estacionamiento

El freno de servicio se suele accionar mediante un pedal, mientras que el mecanismo del freno de estacionamiento puede ser accionado con la mano o con el pie. Las

© *ITES - Paraninfo*

configuraciones del circuito de frenos no son todas iguales De las cinco opciones definidas por la norma DIN 74000, se usan para turismos la distribución diagonal (X) y la distribución eje delantero-eje trasero (II).

Tabla 3.8 Nomenclatura de la distribución de la fuerza de frenado (DIN 74000)

	**Sistema II** Distribución eje delantero, eje trasero. Cada circuito frena un eje
	**Sistema X** Distribución diagonal
	**Sistema HI** Distribución eje delantero-eje trasero, eje delantero
	**Sistema LL** Distribución eje delantero y rueda trasera, eje delantero y rueda trasera
	**Sistema HH** Distribución eje delantero-eje trasero, eje delantero-eje trasero

El sistema con circuitos separados para el eje delantero y el trasero (II) es más adecuado para los vehículos más cargados en el eje trasero y para los vehículos industriales medios y pesados. El resto de las configuraciones (HI, LL, HH) son menos seguras, por lo que las dos opciones mencionadas anteriormente son las usadas en prácticamente todos los casos.

Existen, además, los denominados frenos antibloqueo ABS (*Antilock Braking System*), que esencialmente consisten en un conjunto de elementos que se añaden a la instalación del freno de servicio para detectar y controlar el bloqueo de las ruedas durante las operaciones de frenado.

En el caso de fallo en el sistema de freno de servicio, el sistema de frenos auxiliar o de socorro debe ser capaz de asumir las funciones de aquel, es decir, reducir la velocidad del vehículo o mantenerla en un valor constante o bien conseguir la total detención del vehículo. Este sistema puede funcionar con un menor nivel de efectividad. El freno de socorro normalmente comparte componentes con el freno de servicio y/o el freno de

© ITES - Paraninfo

estacionamiento, por ejemplo, cuando uno de los circuitos de un sistema de frenos de servicio de dos circuitos (conductos) realiza las funciones de freno auxiliar.

Los frenos de estacionamiento ("freno de mano") adoptan la tercera de las funciones asignadas a un sistema de frenos. El freno de estacionamiento debe mantener el vehículo en estado estacionario, permaneciendo así en pendientes y en ausencia del conductor. Por motivos de seguridad, los frenos de estacionamiento deben permanecer totalmente operativos incluso ante fallos de los sistemas hidráulico o neumático. Esta característica se consigue por medio del empleo de un sistema mecánico continuo que conecte la fuente suministradora de la energía y el freno, por ejemplo, unión mecánica o un cable entre la palanca del freno de mano y el freno de la rueda. Otra posibilidad pasa por el uso de un cilindro de aire comprimido conectado al freno de la rueda.

Las cabezas tractoras o tractocamión en combinaciones (consistentes en la cabeza tractora junto con un remolque o semirremolque independientes) están equipados con una unidad adicional de suministro de energía y control de los frenos del remolque o semirremolque. Esta unidad se necesita para transmitir la energía necesaria de frenado desde la cabeza tractora y los pulsos de control necesarios para el frenado del remolque.

3.6.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENADO

Un sistema de frenos consta de los siguientes elementos:

- ✓ Instalación del suministro de energía
- ✓ Dispositivo de accionamiento
- ✓ Dispositivo de transmisión
- ✓ Dispositivos adicionales en el vehículo tractor de un vehículo remolque
- ✓ Frenos

La fuente suministra la energía requerida para el frenado. Las posibles fuentes en este tipo de sistemas incluyen la energía neumática, hidráulica y mecánica, así como la fuerza proporcionada por el operario del vehículo (conductor).

El sistema de suministro de energía también incluye una serie de mecanismos utilizados para el control, acondicionamiento y, en ocasiones, almacenamiento de la energía proporcionada y no incluidos en el dispositivo de transmisión.

Los sistemas de frenado en algunos vehículos comerciales utilizan únicamente aire comprimido. Otros vehículos utilizan variadas fuentes de energía, como por ejemplo un camión equipado con un freno de servicio por aire comprimido y frenos secundarios (p.e. freno de estacionamiento) que se activen por medio de la fuerza del conductor.

El dispositivo de accionamiento está formado por todos aquellos componentes responsables de actuar y regular las operaciones del sistema de frenado. Algunos sistemas de frenado por aire comprimido muestran un dispositivo actuador, operado por el conductor del vehículo mediante un pedal o una palanca. Otros tipos de sistemas de aire comprimido se hacen funcionar automáticamente (por ejemplo cuando se interrumpe la conexión entre el remolque y la cabeza tractora).

© ITES - Paraninfo

El dispositivo de transmisión de esfuerzos incluye todos los componentes del sistema encargados de transmitir la energía al freno. Este sistema se extiende desde el pedal de freno (o palanca) hasta la rueda misma. Los dispositivos de almacenamiento de energía para circuitos individuales de frenado (incluyendo los dispositivos de seguridad) también se clasifican como parte del dispositivo de transmisión.

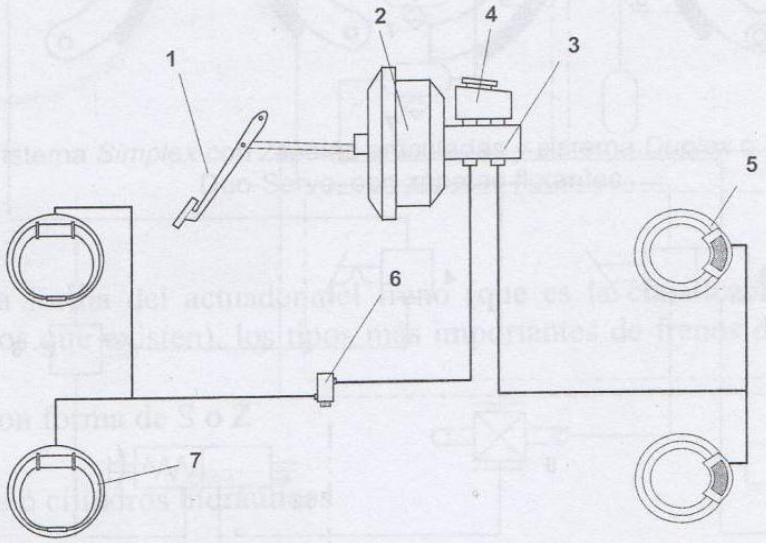


Figura 3.117 Sistema de frenos con servoasistencia. (1) Pedal del freno, (2) Servofreno, (3) Bomba de freno, (4) Depósito de líquido de freno, (5) Freno disco, delantero, (6) Válvula reguladora de frenado, (7) Freno de tambor, trasero

El freno es la parte del sistema donde se generan las fuerzas que se oponen y contrarrestan el movimiento del vehículo. El freno transforma la energía cinética del vehículo en calor. La mayoría de los vehículos están equipados con frenos de fricción. Estos frenos usan la energía de frenado almacenada, en forma de presión, para presionar los forros de fricción (o cojinetes) contra el tambor del freno (o el correspondiente disco). En el frenado, la fricción se genera mediante la presión de las partes no rotativas (forros de fricción) contra aquellas que giran con las ruedas (tambor/disco).

Los retardadores de frenado, al igual que los frenos de fricción, se utilizan para reducir la velocidad del vehículo, sin embargo, se diferencian por no ser apropiados para la verdadera detención del vehículo. Incluso durante frenadas prolongadas, el dispositivo puede disipar el calor generado durante la operación. Por esto se puede considerar el funcionamiento de estos sistemas prácticamente sin desgaste. Contrariamente a los frenos de fricción, estos dispositivos son adecuados para su uso de modo prolongado y contribuyen especialmente a la seguridad del vehículo en descensos de grandes pendientes disminuyendo el uso de los frenos de fricción, que de este modo permanecerán totalmente operacionales para casos de emergencia. Los tipos de retardadores son:

a) Freno motor

© ITES - Paraninfo

b) Retardador hidrodinámico
c) Retardador electrodinámico (freno por corrientes parásitas de *Foucault*).

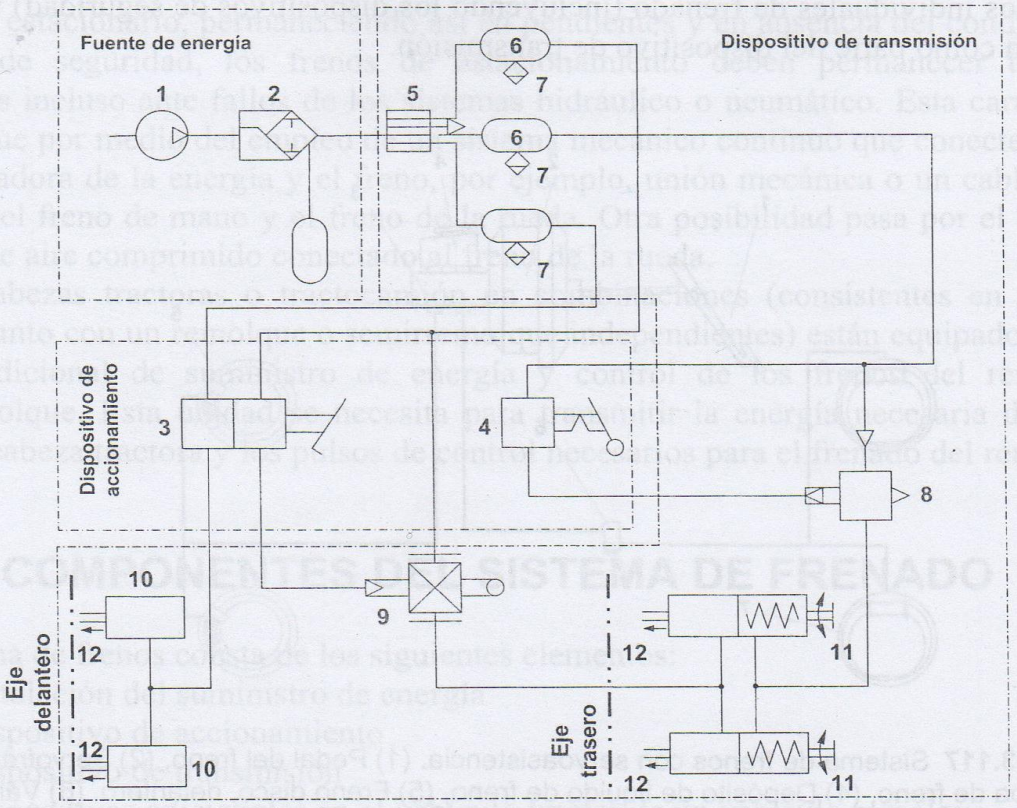


Figura 3.118 Esquema simbólico de un sistema de freno neumático básico
(1) Compresor, (2) Deshumidificador con regulador de presión y regenerador de aire, (3) Válvula del freno de servicio, (4) Válvula del freno de estacionamiento, (5) Válvula de protección de 4 vías, (6) Depósito de aire, (7) Válvula de purga de agua, (8) Válvula relé, (9) Válvula reguladora en función de la carga, (10) Cilindro de freno, (11) Cilindro de freno combinado, (12) Conducción al freno

3.6.2 FRENOS DE TAMBOR

Existen distintos diseños y construcciones de acuerdo con el tipo de accionamiento que vaya a realizar el empuje de las zapatas. Los tres sistemas de accionamiento de los frenos de zapatas que se pueden encontrar en la actualidad son

- Frenos hidráulicos
- Frenos mixtos neumáticos e hidráulicos
- Frenos de aire comprimido

© *ITES - Paraninfo*

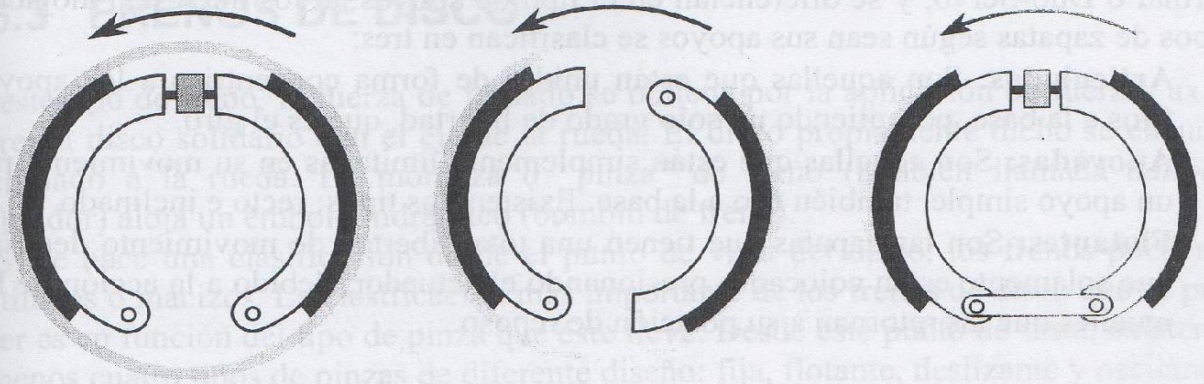


Figura 3.119 Sistema *Simplex* con zapatas articuladas y sistema *Duplex* o *Twimplex y* Sistema Duo-Servo, con zapatas flotantes

Atendiendo a la forma del actuador del freno (que es la clasificación más usada para designar los tipos que existen), los tipos más importantes de frenos de zapatas interiores son:

- Leva: con forma de S o Z
- Cuña
- Pistones o cilindros hidráulicos

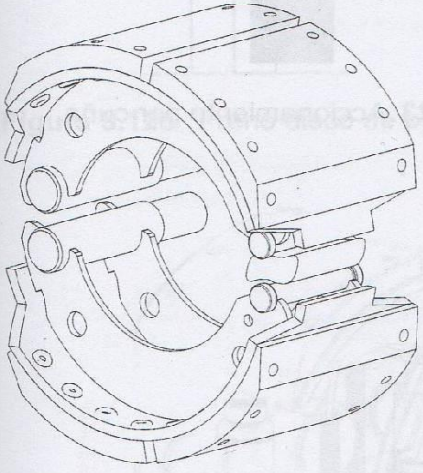


Figura 3.120 Tambor con leva en S

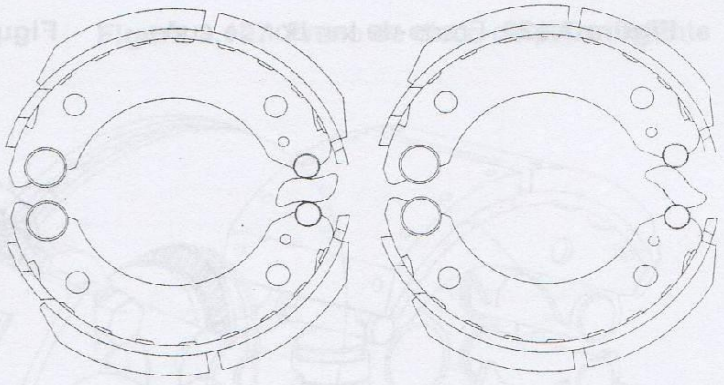


Figura 3.121 Accionamiento de freno de tambor con leva en S

Al mismo tiempo, estas clases de frenos se vuelven a descomponer en otras atendiendo a los tipos de zapatas que sean autoenergizantes o no autoenergizantes; así, se distinguen los frenos *Simplex*, que poseen una zapata energizante y otra conducida, y los frenos *Twimplex* o *Duplex*, que tienen las dos zapatas autoenergizantes. Estos últimos se dividen

© IES - Paraninfo

en Normal o Duo-Servo, y se diferencian en el tipo de apoyos en los que están alojados. Los tipos de zapatas según sean sus apoyos se clasifican en tres:

- **Articuladas:** Son aquellas que están unidas de forma concéntrica a los apoyos fijos a la base, permitiendo un solo grado de libertad, que es el giro.
- **Apoyadas:** Son aquellas que están simplemente limitadas en su movimiento por un apoyo simple, también fijo a la base. Existen dos tipos: recto e inclinado.
- **Flotantes:** Son las zapatas que tienen una total libertad de movimiento dentro y que solamente están colocadas presionando el actuador, debido a la acción de los muelles que las retornan a su posición de reposo.

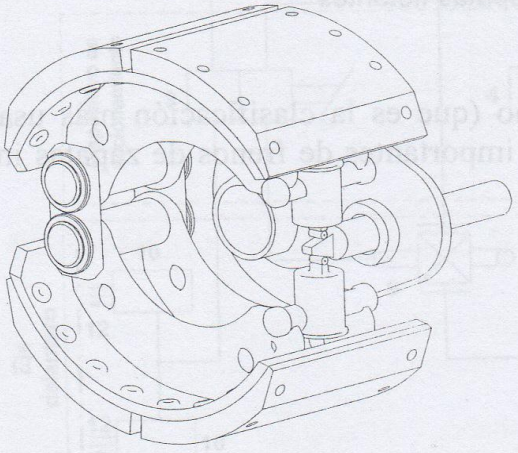


Figura 3.122 Freno de tambor de cuña

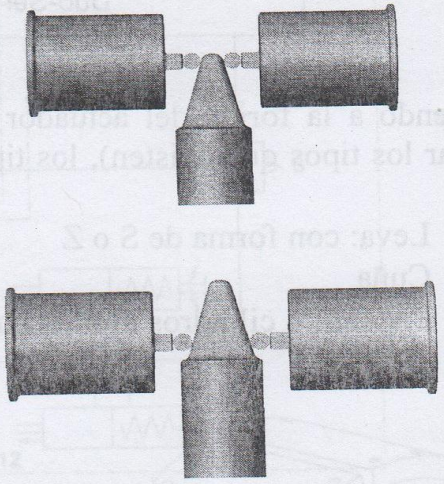


Figura 3.123 Accionamiento por cuña

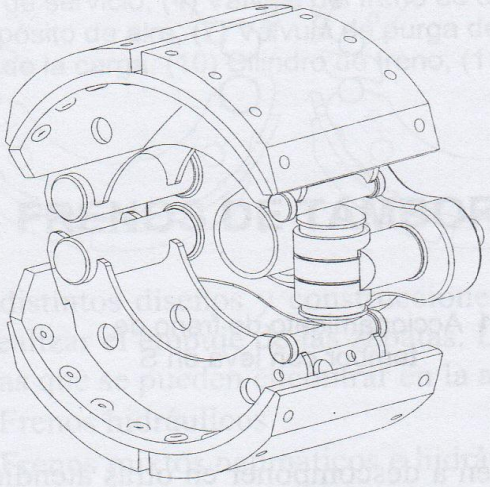


Figura 3.124 Freno *Simplex* hidráulico

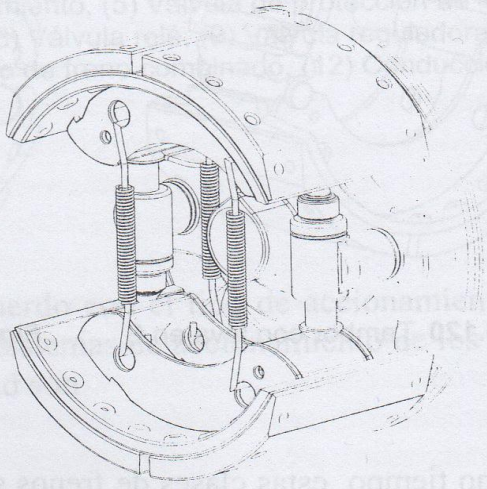


Figura 3.125 Actuación de un freno de tambor con dos cilindros hidráulicos

© *ITES - Paraninfo*

3.6.3 FRENOS DE DISCO

En este tipo de freno, la fuerza de frenado se obtiene por la aplicación de fuerzas axiales sobre un disco solidario con el eje de la rueda. El disco propiamente dicho se encuentra atornillado a la rueda. La mordaza o "pinza" de freno (también llamada *caliper* o calibrador) aloja un émbolo hidráulico (bombín de freno).

Si se hace una clasificación desde el punto de vista del disco, los frenos pueden ser ventilados o macizos. La clasificación más importante de los frenos de disco que se puede hacer es en función del tipo de pinza que éste lleve. Desde este punto de vista, existen por lo menos cuatro tipos de pinzas de diferente diseño: fija, flotante, deslizante y oscilante.

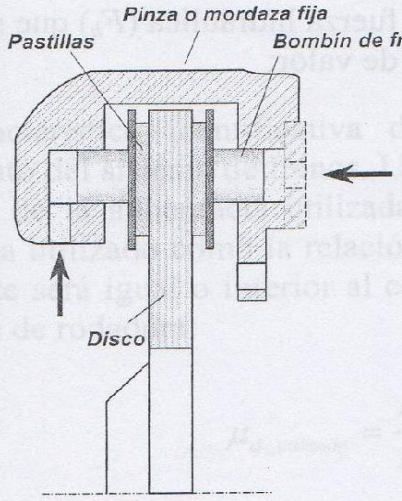


Figura 3.126 Freno disco de pinza fija

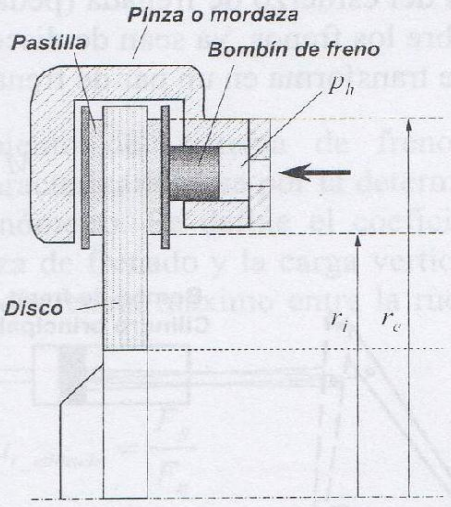


Figura 3.127 Freno de disco de pinza flotante

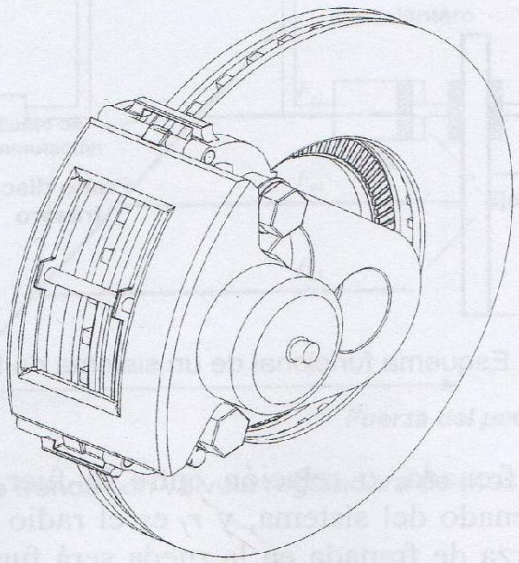


Figura 3.128 Freno de pinza flotante

© ITES - Paraninfo

3.6.4 SISTEMAS HIDRÁULICOS

Un sistema de frenos con circuito hidráulico consta de diversos elementos que hay que identificar y analizar para poder evaluar las prestaciones en frenada del vehículo. Entre ellos cabe citar al servofreno, que permite amplificar la presión ejercida en el pedal cuando actúan los frenos reduciendo el esfuerzo necesario para aplicar la fuerza de frenado. En la mayoría de los sistemas de frenado de los automóviles el amplificador de frenado está combinado con el cilindro principal o bomba de freno.

El cilindro principal o bomba de freno es el elemento que inicia y controla el proceso de frenado.

En vehículos turismo, así como en los demás vehículos que utilicen una transmisión hidráulica del esfuerzo de frenada (pedal-frenos), existen unos cilindros en las ruedas que actúan sobre los frenos, ya sean de disco o tambor. La fuerza hidráulica (F_h) que se aplica al freno se transforma en un par de frenada en la rueda de valor:

$$M_f = F_h \cdot C^* \cdot r_f$$

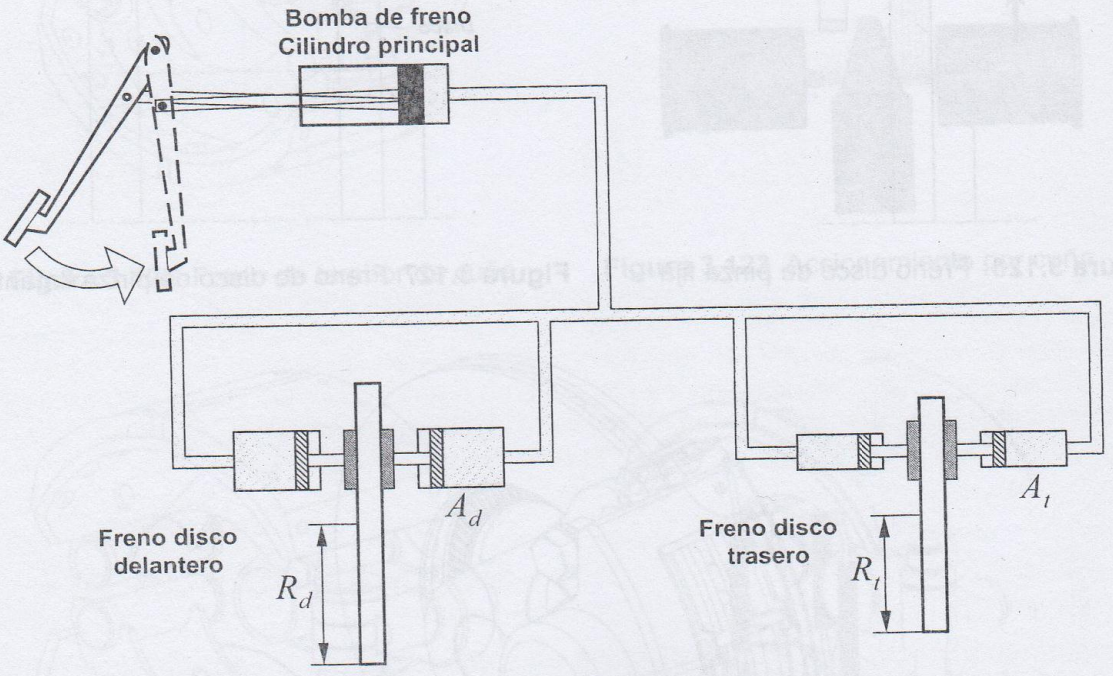


Figura 3.129 Esquema funcional de un sistema de frenos de disco

Donde C^* es el índice de frenada, o relación entre la fuerza de entrada del sistema hidráulico y la fuerza de frenado del sistema, y r_f es el radio efectivo de aplicación del esfuerzo de frenada. La fuerza de frenada en la rueda será función del radio efectivo de giro de la rueda (r_e):

© ITES - Paraninfo

$$F_f = \frac{M_f}{r_e}$$

Para determinar las fuerzas de frenado máximas que pueden desarrollarse, en función de la adherencia entre la rueda y el suelo, hay que conocer otros detalles del sistema de frenado instalado. Debido al diseño del esquema general de un sistema de frenos, la relación entre las fuerzas de frenada, delanteras y traseras, será constante. Es decir, existe una relación lineal entre la fuerza en el eje delantero y en el trasero que puede ser determinada por medio de la medición de las fuerzas de frenado en un frenómetro (como los empleados en las estaciones ITV para evaluar el estado del sistema de frenos).

$$F_{fd} = k \cdot F_{fi}$$

Una característica identificativa del comportamiento del sistema de freno es el rendimiento del sistema de frenos. Una forma de caracterizarlo pasa por la determinación del valor de la adherencia utilizada sobre un frenómetro. Se define el coeficiente de adherencia utilizado como la relación entre la fuerza de frenado y la carga vertical. Este coeficiente será igual o inferior al coeficiente de adherencia máximo entre la rueda y la superficie de rodadura:

$$\mu_{d_utilizado} = \frac{F_{fd}}{F_{zd}} \qquad \mu_{t_utilizado} = \frac{F_{fi}}{F_{zi}}$$

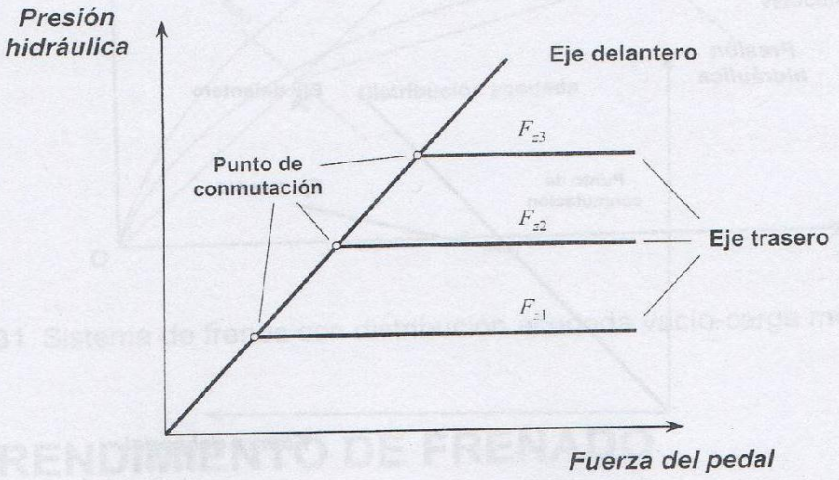


Figura 3.130a Sistema de frenos con válvula reguladora de presión dependiente de la carga

Además de los elementos mencionados se necesitan dispositivos que reduzcan la presión de frenado en las ruedas traseras con respecto a las delanteras en función de las

© ITES - Paraninfo

condiciones del frenado. Esta función la realizan los reguladores de presión o correctores de frenado. Estos mecanismos producen curvas de reparto acodadas y no rectas, como se podía deducir de lo mostrado hasta ahora.

El repartidor óptimo sería aquel que aplicase sobre cada rueda el esfuerzo óptimo (función de la carga dinámica y la adherencia entre la rueda y la calzada), para conseguir la máxima deceleración sin llegar al bloqueo de la rueda. Pero este sistema no existe en la realidad, donde encontramos los tres diseños (figuras 3.130) que se detallan:

a) Reguladores de presión dependiente de la carga.
b) Regulador de la fuerza de frenado dependiente de la presión. Estos sistemas pueden ser de simple efecto o de doble efecto.
c) Regulador de la fuerza de frenado dependiendo de la deceleración.

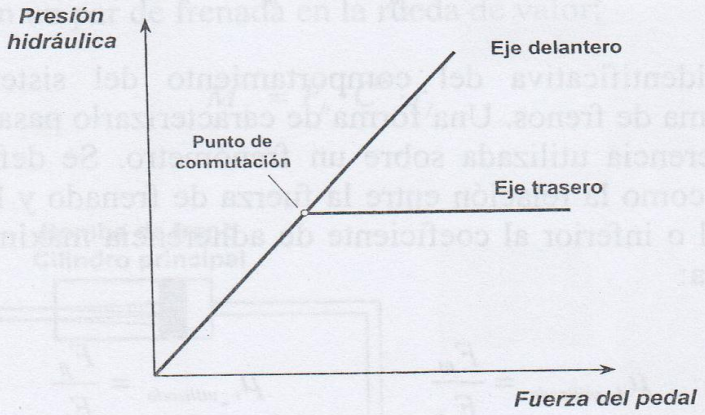


Figura 3.130b Curvas características de un repartidor de simple efecto

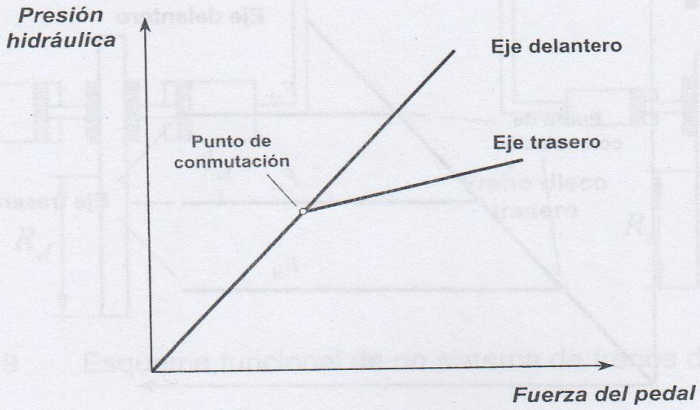


Figura 3.130c Curvas características de un repartidor de doble efecto

Habrá que comprobar que la distribución de frenado, que tiene el vehículo objeto de estudio cumpla lo estipulado en el reglamento de frenado, tanto para el vehículo a plena

© ITES - Paraninfo

carga como en vacío, teniendo en cuenta las posibles condiciones especiales de operación en el transcurso del accidente, reformas de importancia realizadas, efectos dinámicos,...

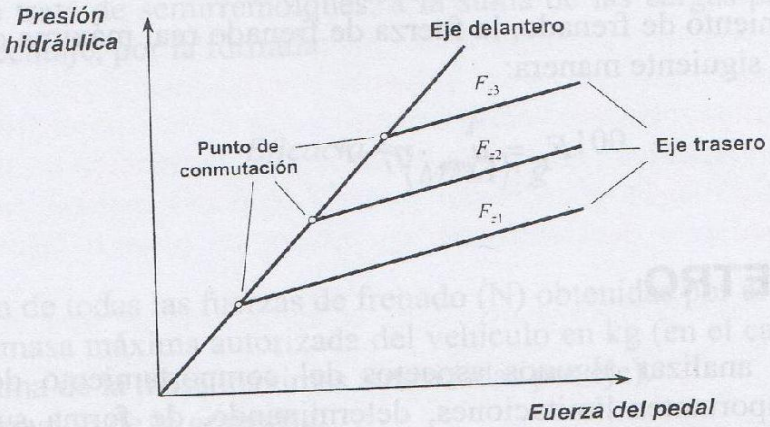


Figura 3.130d Curvas características de un compensador de frenada

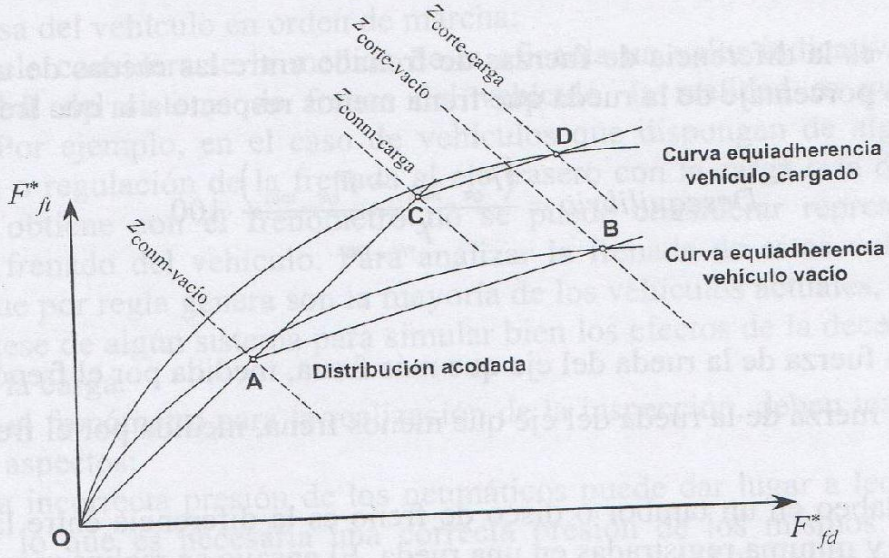


Figura 3.131 Sistema de frenos con distribución acodada vacío-carga modificada con la carga

3.6.5 RENDIMIENTO DE FRENADO

El rendimiento de frenado puede expresarse de la siguiente manera:

$$\eta_f = \frac{a/g}{\mu_{máx}} = \frac{\mu_{utilizada}}{\mu_{máx}}$$

© ITES - Paraninfo

Expresado así, el rendimiento de frenado representa el grado de aprovechamiento de la adherencia disponible. Cada vehículo presentará su propio rendimiento de frenado, siendo deseable que éste sea lo mayor posible. Como dato aproximado, en vehículos de turismo con sistemas de frenado convencionales suele tener valores próximos al 70%, mientras en sistemas ABS puede alcanzar entre el 80 y el 95%.

Utilizando el rendimiento de frenado, la fuerza de frenado real máxima de un vehículo se puede expresar de la siguiente manera:

$$F_f = \mu_{máx} \cdot \eta_f \cdot P$$

3.6.6 FRENÓMETRO

El frenómetro permite analizar algunos aspectos del comportamiento del sistema de frenos, aunque con importantes limitaciones, determinando, de forma suficientemente fiable:

- El desequilibrio del sistema
- La ovalidad o alabeo en tambores o discos de freno
- La eficacia

El desequilibrio es la diferencia de fuerzas de frenado entre las ruedas de un mismo eje. Se calcula como porcentaje de la rueda que frena menos respecto a la que frena más:

$$Desequilibrio = \frac{\left(F_{eje_\max.} - F_{eje_\min.}\right)}{F_{eje_\max.}} \cdot 100$$

Donde:

$F_{eje_\max.}$ es la fuerza de la rueda del eje que más frena, medida por el frenómetro

$F_{eje_\min.}$ es la fuerza de la rueda del eje que menos frena, medida por el frenómetro

La ovalidad o alabeo en un tambor o disco de freno es la diferencia entre las fuerzas de frenado máxima y mínima registradas en una rueda. El ensayo se realiza manteniendo una fuerza mínima constante sobre el pedal, pero suficiente para apreciar dicha deformación. La expresión que se utiliza es:

$$Alabeo = \frac{\left(F_{rueda_\max.} - F_{rueda_\min.}\right)}{F_{rueda_\max.}} \cdot 100$$

Donde:

$F_{rueda_\max.}$ es la fuerza de frenado máxima de una rueda, medida por el frenómetro

© ITES - Paraninfo

$F_{rueda_min.}$ es la fuerza de frenado mínima de la misma rueda, medida por el frenómetro

La eficacia es la relación de las fuerzas de frenado respecto a la masa máxima autorizada (*MMA*) o, si se trata de semirremolques, a la suma de las cargas por eje autorizadas. Se calcula, en porcentaje, por la fórmula:

$$Eficacia = \frac{F}{(MMA) \cdot g} \cdot 100$$

Donde:

F es la suma de todas las fuerzas de frenado (N) obtenidas por el frenómetro.
MMA es la masa máxima autorizada del vehículo en kg (en el caso de semirremolques ésta es la suma de la masa máximas autorizadas por eje).
g es la aceleración de la gravedad.

Si el frenómetro permite realizar la medición del peso real sobre cada eje, en lugar de la masa máxima autorizada, se introduce en la fórmula el valor real de la carga. En caso contrario, si el vehículo se encuentra sin carga en el momento del ensayo, se introduce el valor de la masa del vehículo en orden de marcha.

Aunque suele considerarse la medida de la eficacia un valor indicativo del estado y actuación global del sistema de frenos del vehículo, la realidad es que tiene serias limitaciones. Por ejemplo, en el caso de vehículos que dispongan de algún sistema de compensación o regulación de la frenada al eje trasero con la carga o la deceleración, el valor que se obtiene con el frenómetro no se puede considerar representativo de la capacidad de frenado del vehículo. Para analizar la frenada de estos vehículos con un frenómetro, que por regla genera son la mayoría de los vehículos actuales, sería necesario que se dispusiese de algún sistema para simular bien los efectos de la deceleración o bien los efectos de la carga.

Al utilizar el frenómetro para la realización de la inspección, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Una incorrecta presión de los neumáticos puede dar lugar a lecturas erróneas, por lo que es necesaria una correcta presión de los mismos. Así mismo la banda de rodadura deberá presentar una profundidad de escultura suficiente.
- En algunos casos de vehículos dotados de sistema antibloqueo se puede encender el testigo de avería del sistema al entrar en funcionamiento los rodillos del frenómetro. Para corregir este problema una vez que el vehículo haya salido del frenómetro, se parará el motor y se efectuará una nueva puesta en marcha del motor, con lo cual el testigo se apagará tras el chequeo del sistema. En algunos casos habrá que realizar un pequeño recorrido para que éste se apague.
- En los vehículos dotados de sistema de control de tracción, para efectuar la prueba en el frenómetro será necesario parar el motor y con la llave de contacto

© ITES - Paraninfo

en la posición stop, proceder normalmente. Si el vehículo posee un dispositivo que deje fuera de servicio el sistema, se procederá a su desconexión antes de posicionarlo en el frenómetro.

- Los vehículos con sistema de tracción integral mecánico, que no puedan ser desacoplados manualmente, tendrán que ser inspeccionados teniendo en cuenta las características que presenta dicho sistema. Por lo general el proceso de pruebas es más largo que en un vehículo normal pues tienen que efectuarse cuatro frenadas para poder evaluar correctamente el sistema de frenos.
- En el caso de vehículos con dobles o triples ejes de tracción no desacoplables, la comprobación de la eficacia del frenado se podrá realizar en frenómetros especiales, mediante decelerómetro en prueba en pista u otros dispositivos adecuados.
- Debe considerarse la posible presencia en el sistema de frenado de ejes que sólo se cargan y frenan cuando el eje vecino alcanza cierta carga. En construcciones modernas, con ejes portante y motriz con suspensión neumática gobernada por centralita, cuando el vehículo está vacío es posible que con el sistema funcionando correctamente, el eje portante no frene.

3.6.7 SISTEMAS DE FRENOS ANTIBLOQUEO

Los sistemas antibloqueo ABS (*Antilock Braking System*) son dispositivos de regulación en el sistema de frenos que evitan el bloqueo continuado de las ruedas al frenar cuando las condiciones de frenado son críticas.

Los sistemas antibloqueo dejan que el par de frenada sea controlado por el conductor, hasta que el deslizamiento de la rueda tiende a incrementarse excesivamente y, en este caso, interrumpen la comunicación entre el bombín principal y el de freno, y van modulando la presión para que el deslizamiento permanezca en el entorno preestablecido.

El sensor de revoluciones de la rueda analiza el movimiento de la misma. Si en una rueda se presenta tendencia al bloqueo, aumenta fuertemente en ella la desaceleración tangencial. Si se sobrepasan ciertos valores críticos, la unidad de control modifica la presión del freno de la rueda hasta que se elimine el peligro de bloqueo. Para que con esto la rueda no quede poco frenada, la presión de frenado debe volver a incrementarse de nuevo. Mediante una secuencia cíclica de incremento de presión, descenso de la presión y mantenimiento de la presión se regula la fuerza de frenado instantánea.

Teniendo en cuenta que el vehículo tiene, al menos, cuatro ruedas y, por tanto, diversas combinaciones de sensores, actuadores y controladores, existen principalmente tres técnicas de control: la de control independiente, control por selección inferior y control por selección superior.

El ABS está formado por tres subsistemas. El número real de subsistemas conectados depende del tipo de vehículo, así como de la estrategia de control que se considere:

- Sensor de velocidad con anillo ranurado
- Unidad electrónica de control (centralita electrónica)

© ITES - Paraninfo

- Válvula de control de la presión (válvula-relé de solenoide en remolques)

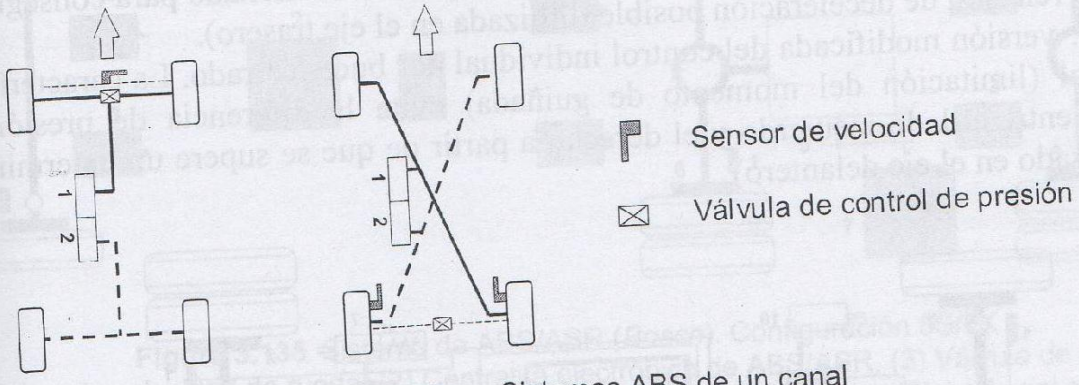


Figura 3.132a Sistemas ABS de un canal

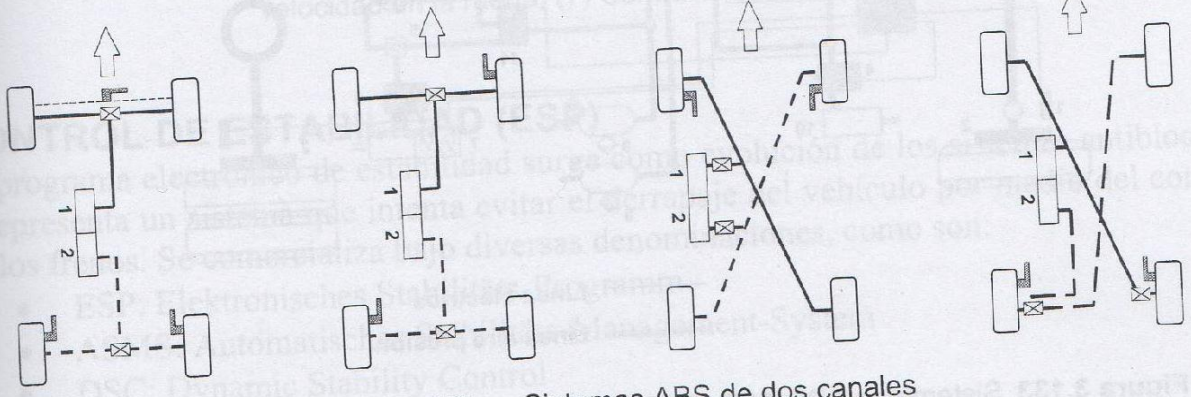


Figura 3.132b Sistemas ABS de dos canales

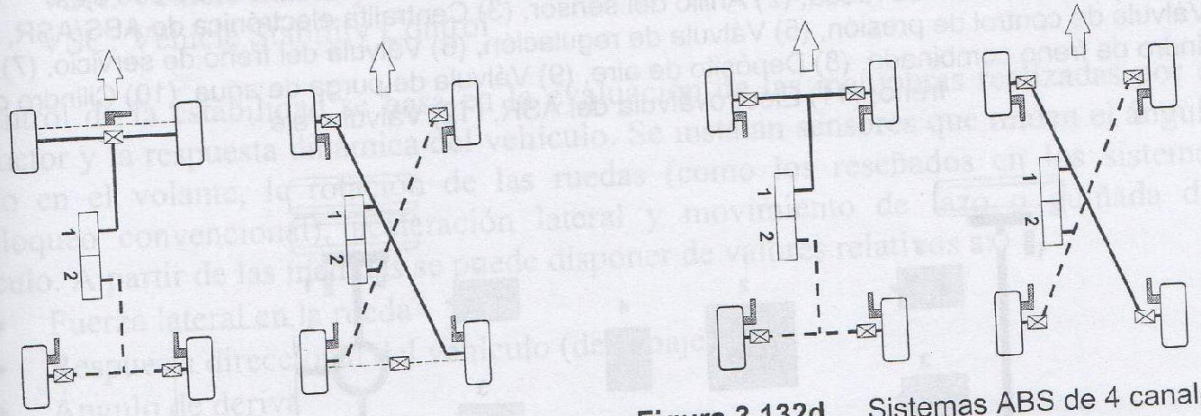


Figura 3.132c Sistemas ABS de 3 canales

Figura 3.132d Sistemas ABS de 4 canales

En vehículos comerciales, como camiones y autobuses, combinaciones de remolque y semirremolque y vehículos convencionales con remolques, con dos o más ejes, se pueden utilizar una gran variedad de configuraciones de bucle cerrado de control, que se denominan por un código identificativo. El código *4S/4K IRM* se puede usar como ejemplo para explicar el significado de la identificación:

- *4S* indica que 4 sensores de velocidad de las ruedas están instalados en el sistema

© ITES - Paraninfo

- *4K* significa que el sistema incorpora 4 canales, con control para cuatro válvulas controladoras de presión
- *IR:* el sistema posee control de bucle cerrado para cada una de las ruedas (control individual). El sistema utiliza el máximo nivel de presión de frenado para conseguir la máxima relación de deceleración posible (utilizada en el eje trasero).
- *IRM:* versión modificada del control individual por bucle cerrado. La característica adicional (limitación del momento de guiñada) evita la diferencia de presión de frenado entre el lado izquierdo y el derecho a partir de que se supere un determinado nivel (usado en el eje delantero).

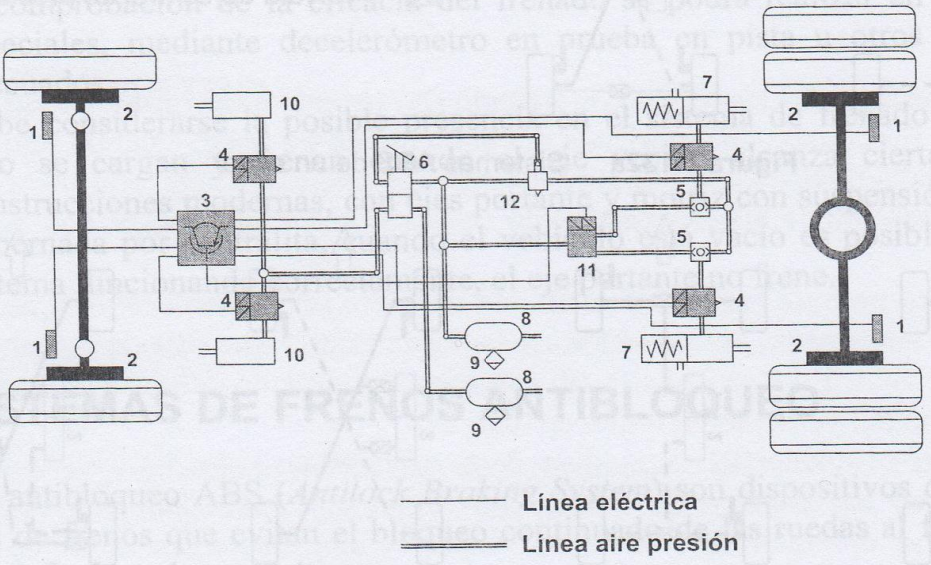


Figura 3.133 Sistema de ABS/ASR (*Bosch*) para un vehículo industrial de dos ejes
(1) Sensor de velocidad de rueda, (2) Anillo del sensor, (3) Centralita electrónica de ABS/ASR, (4) Válvula de control de presión, (5) Válvula de regulación, (6) Válvula del freno de servicio, (7) Cilindro de freno combinado, (8) Depósito de aire, (9) Válvula de purga de agua, (10) Cilindro de freno, (11) Electroválvula del ASR, (12) Válvula relé

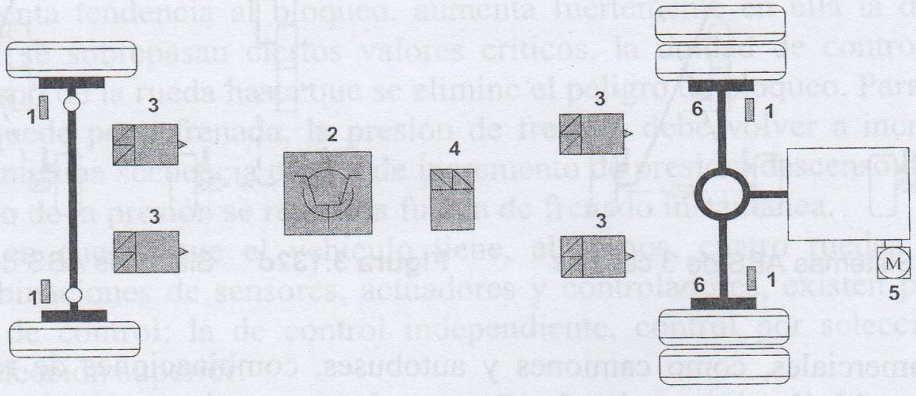


Figura 3.134 Sistema de ABS/ASR (*Bosch*). Configuración 4S/4K
(1) Sensor de velocidad de rueda, (2) Centralita electrónica de ABS/ASR, (3) Válvula de control de presión, (4) Electroválvula de control del freno, (5) Servomotor del ASR para control del motor, (6) Anillo del sensor de velocidad en la rueda

© *ITES - Paraninfo*

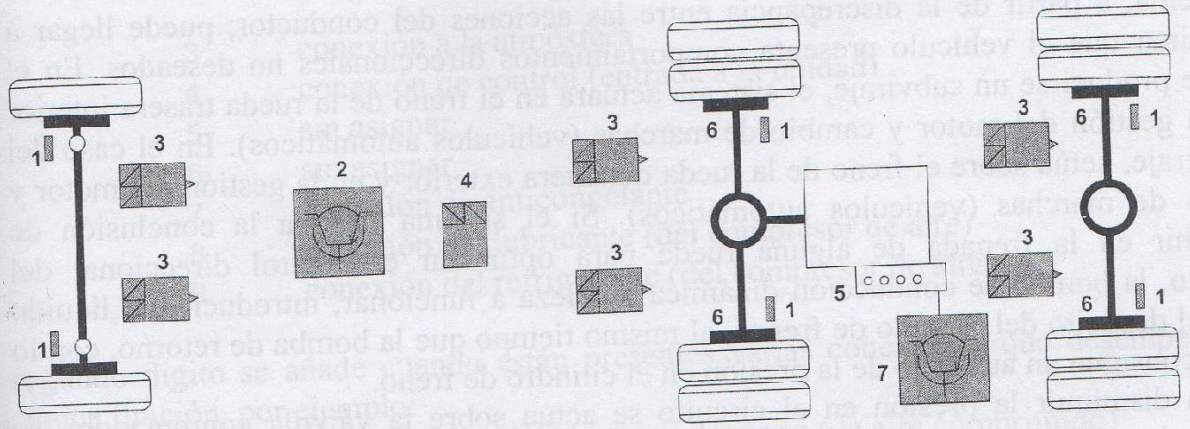


Figura 3.135 Sistema de ABS/ASR (*Bosch*). Configuración 6S/6K
(1) Sensor de velocidad de rueda, (2) Centralita electrónica de ABS/ASR, (3) Válvula de control de presión, (4) Electroválvula de control del freno, (5) Sistema de inyección, (6) Anillo del sensor de velocidad en la rueda, (7) Centralita de control EDC

CONTROL DE ESTABILIDAD (ESP)

El programa electrónico de estabilidad surge como evolución de los sistemas antibloqueo y representa un sistema que intenta evitar el derrapaje del vehículo por medio del control de los frenos. Se comercializa bajo diversas denominaciones, como son:

- ESP: Elektronisches Stabilitäts-Programm
- ASMS: Automatisches Stabilitäts-Management-System
- DSC: Dynamic Stability Control
- VSA: Vehicle Stability Assist
- VSC: Vehicle Stability Control

El control de la estabilidad se basa en la evaluación de las maniobras realizadas por el conductor y la respuesta dinámica del vehículo. Se instalan sensores que miden el ángulo girado en el volante, la rotación de las ruedas (como los reseñados en los sistemas antibloqueo convencional), aceleración lateral y movimiento de lazo o guiñada del vehículo. A partir de las medidas se puede disponer de valores relativos a:

- Fuerza lateral en la rueda
- Respuesta direccional del vehículo (derrapaje)
- Ángulo de deriva
- Ángulo de la dirección
- Aceleración y velocidad lateral del vehículo
- Velocidad lineal del vehículo
- Coeficiente de fricción: calculado a partir de los datos longitudinales
- Par motor a través del sensor del acelerador
- Par de frenada por medio de la medida de la presión del circuito hidráulico
- Situaciones especiales de la vía: como carreteras convexas o superficies de adherencia asimétrica

© ITES - Paraninfo

El sistema, a partir de la discrepancia entre las acciones del conductor, puede llegar a determinar que el vehículo presenta comportamientos direccionales no deseados. En el caso de producirse un subviraje, el sistema actuará en el freno de la rueda trasera interior y en la gestión del motor y cambio de marchas (vehículos automáticos). En el caso del sobreviraje, actúa sobre el freno de la rueda delantera exterior y en la gestión del motor y cambio de marchas (vehículos automáticos). Si el sistema llega a la conclusión de intervenir en la frenada de alguna rueda para optimizar el control direccional del vehículo, la bomba de conducción dinámica empieza a funcionar, introduciendo líquido desde el depósito del circuito de frenos, al mismo tiempo que la bomba de retorno, con lo que se consigue un aumento de la presión en el cilindro de freno.

Para disminuir la presión en el circuito se actúa sobre la válvula conmutadora, se activa la bomba de retorno, se abre la válvula de escape y el líquido puede volver hacia el servofreno y el depósito.

3.6.8 SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO

Los sistemas neumáticos son de aplicación general en vehículos industriales, autobuses y autocares. Las tipologías pueden ser realmente variadas. Para la caracterización del sistema completo hay que incluir los diversos elementos que lo configuran y la topología de los circuitos. A modo de ejemplo, se describen a continuación diversas aplicaciones, características de diseño y de operación de algunos sistemas de frenado de aire comprimido. Cada sistema se fundamenta en los siguientes grupos de componentes:

- Grupo A: Para suministro de aire comprimido (generación y almacenamiento)
- Grupo B: Sistema de frenos de servicio, incluido el ABS
- Grupo C: Sistema de frenos de estacionamiento
- Grupo D: Para control del remolque
- Grupo E: Suspensión neumática
- Grupo F: Control de la puerta
- Grupo G: Control de tracción (ASR)

Los componentes de los grupos A hasta C son los bloques básicos para cualquier sistema de aire comprimido. Los otros componentes montados se encuentran sólo en aplicaciones más específicas. Los componentes individuales en los seis sistemas neumáticos tienen sus representaciones simbólicas en las normas técnicas internacionales. Estas unidades son sistemas de freno que funcionan con aire comprimido y constan de doble línea y doble circuito, que funcionan con un suministro de aire comprimido a alta o a baja presión.

Los códigos usados con los símbolos gráficos para designar las conexiones se pueden identificar usando el primer dígito como una clave:

0	succión (compresor de aire)
1	entrada de potencia
2	salida de potencia (excepto en descarga atmosférica)

© ITES - Paraninfo

3 conexión a la atmósfera
4 conexión de control (entrada a la unidad)
5 sin asignar
6 sin asignar
7 conexión de anticongelante
8 conexión del lubricante (del compresor de aire)
9 conexión del refrigerante (del compresor de aire)

El segundo dígito se añade cuando están presentes varias conexiones que desempeñan una única función, por ejemplo:

21 salida de potencia hacia el depósito (de aire comprimido)
22 salida de energía (conexión mediante interruptor)

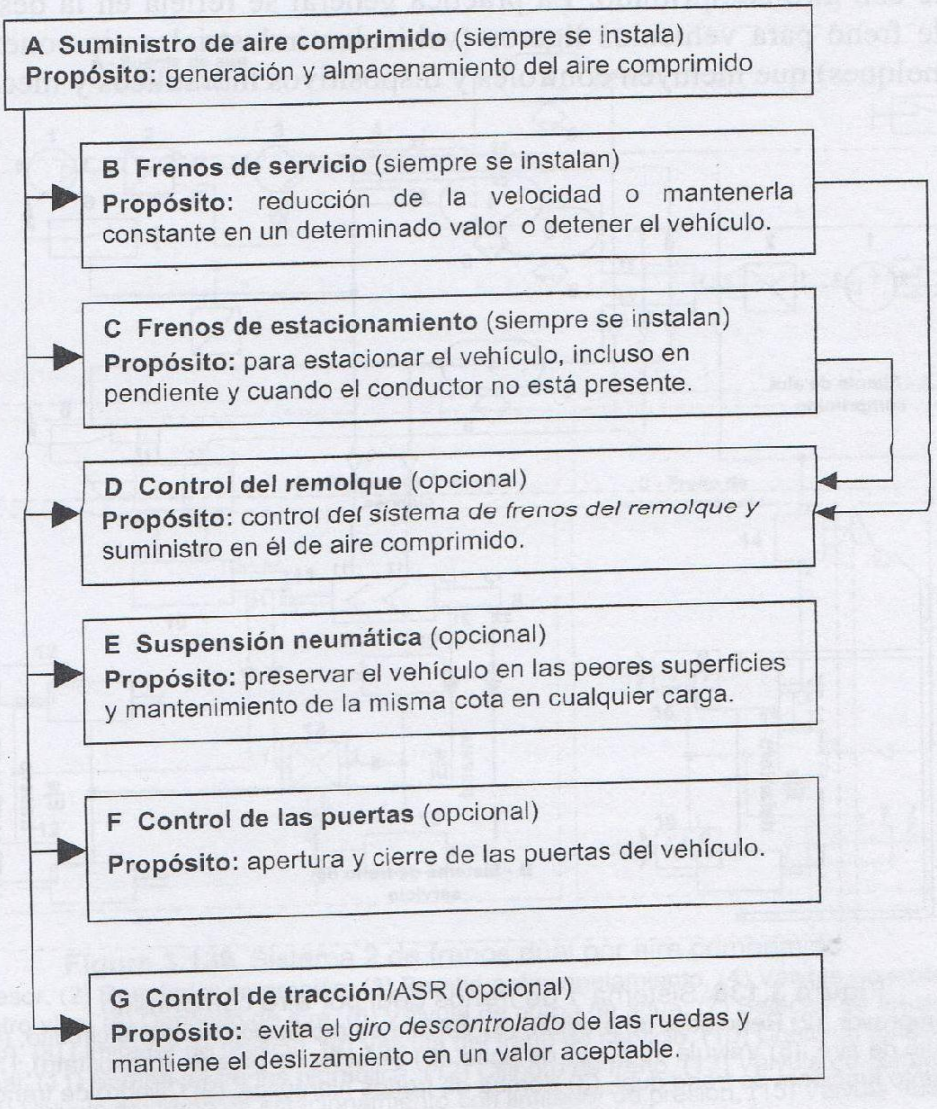


Figura 3.136 Grupos funcionales en instalaciones de frenos en vehículos industriales

© ITES - Paraninfo

Los símbolos definidos en la norma se usan también para las líneas entre componentes individuales:

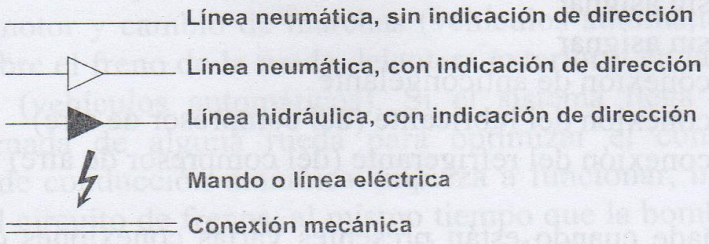


Figura 3.137 Simbología para instalaciones de frenos en vehículos industriales

No todos los sistemas de freno que se describirán a continuación funcionan exclusivamente con aire comprimido. La práctica general se refleja en la descripción de los sistemas de freno para vehículos ligeros (vehículos industriales sin conexiones para operar con remolques) que incluyen controles y dispositivos hidráulicos y mecánicos.

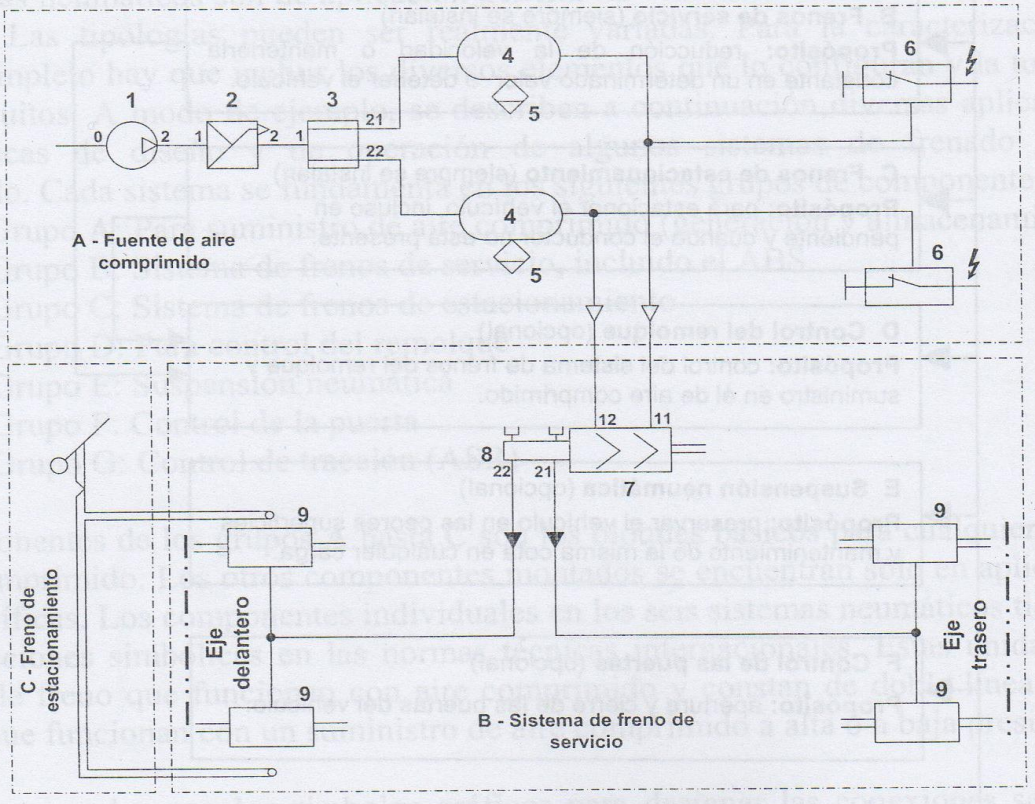


Figura 3.138 Sistema 1 de frenos dual por aire comprimido
(1) Compresor, (2) Regulador de presión, (3) Válvula de protección de doble circuito, (4) Depósito de aire, (5) Válvula de purga de agua, (6) Selector de presión (presostato), (7), Conjunto funcional de freno dual, (8) Bomba de frenos hidráulica, (9) Cilindro de freno

© ITES - Paraninfo

SISTEMA DE FRENOS DUAL POR AIRE COMPRIMIDO (SISTEMA 1)

El sistema de frenado de baja presión presenta transmisión hidráulica y freno mecánico de estacionamiento. Se utiliza en vehículos industriales sin remolque y con una MMA entre 6 y 9 toneladas. Este sistema está compuesto por el equipamiento básico incluido en los tres primeros grupos de componentes (A, B, C):

- El suministrador de aire (A) comprime aire (8 bar) para almacenarlo en dos circuitos de suministro neumático. Este aire es suministrado al sistema de frenos de servicio.
- El sistema de frenos de servicio controla el aire comprimido durante el frenado por medio de sus circuitos hidráulicos aguas abajo, de modo que se puedan aplicar los frenos en todas las ruedas del vehículo.
- El sistema de frenos de estacionamiento (C) acciona los frenos por medio de una timonería y un cable *Bowden*.

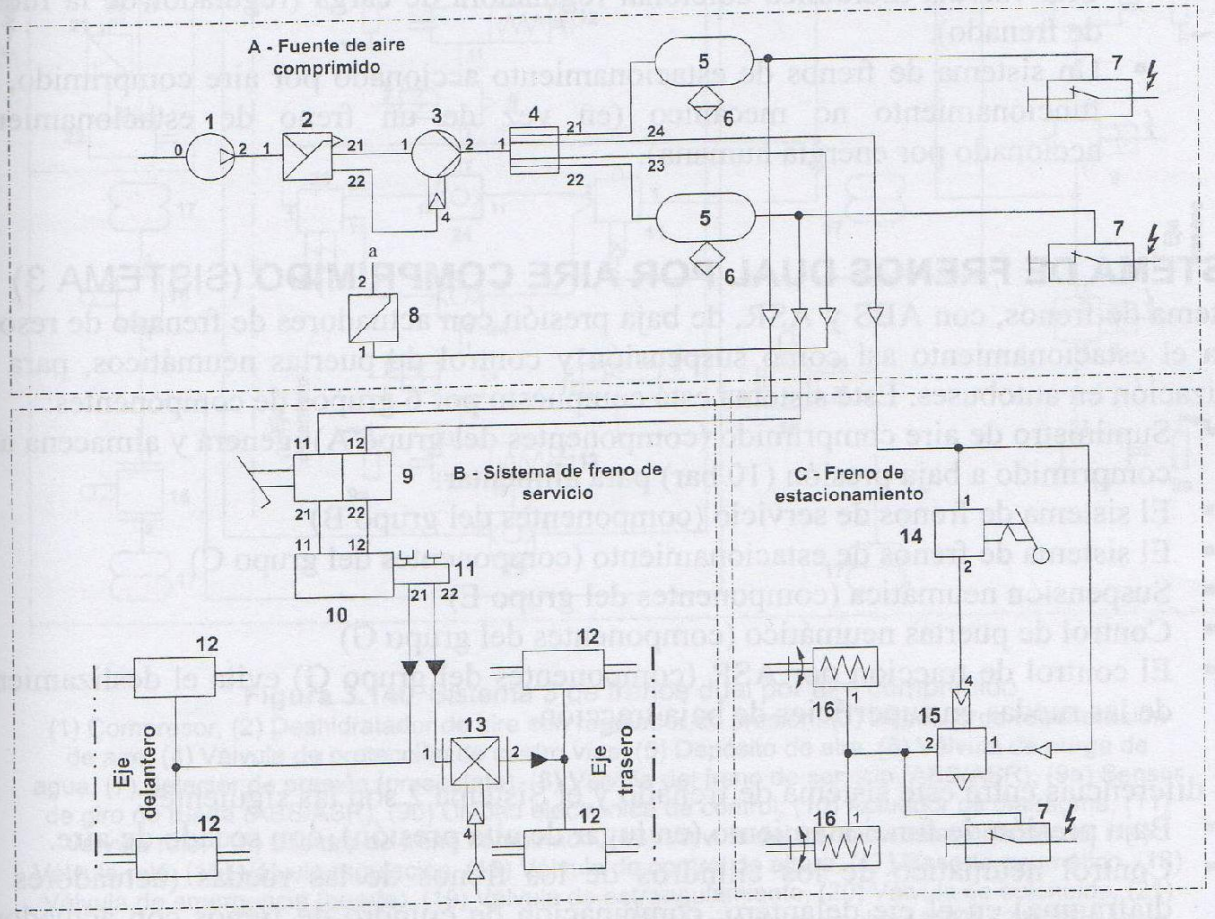


Figura 3.139 Sistema 2 de frenos dual por aire comprimido
(1) Compresor, (2) Regulador de presión, (3) Bomba anticongelamiento, (4) Válvula de protección de cuatro vías, (5) Depósito de aire, (6) Válvula de purga de agua, (7) Selector de presión (presostato), (8) Limitador de presión, (9) Válvula del freno de servicio, (10) Conjunto funcional de freno dual, (11) Bomba de frenos hidráulica, (12) Cilindro de freno, (13) Válvula de control de carga, (14) Válvula del freno de estacionamiento con limitador de presión, (15) Válvula relé, (16) Actuador de freno con resortes

SISTEMA DE FRENOS DUAL POR AIRE COMPRIMIDO (SISTEMA 2)

Sistema de frenos de alta presión dotado de actuadores de resorte para el freno de estacionamiento. Se utiliza en vehículos industriales con remolque y con una MMA entre 6 y 13 toneladas. Este sistema comparte los componentes básicos con el sistema anterior:

- Suministrador de aire comprimido (A)
- Sistema de frenos de servicio (B)
- Sistema de frenos de estacionamiento (C)

A la vez se diferencia de dicho sistema en lo siguiente:

- Cuatro circuitos de alimentación de aire comprimido con dos depósitos (en lugar de dos circuitos de alimentación con dos depósitos).
- Una válvula de protección de los cuatro circuitos de alimentación (en lugar de dos válvulas de protección).
- Una bomba adicional de anticongelante.
- Una válvula hidráulica adicional reguladora de carga (regulador de la fuerza de frenado).
- Un sistema de frenos de estacionamiento accionado por aire comprimido, de funcionamiento no mecánico (en vez de un freno de estacionamiento accionado por energía humana).

SISTEMA DE FRENOS DUAL POR AIRE COMPRIMIDO (SISTEMA 3)

Sistema de frenos, con ABS y ASR, de baja presión con actuadores de frenado de resorte para el estacionamiento así como suspensión y control de puertas neumáticos, para su utilización en autobuses. Este sistema está compuesto por 6 grupos de componentes:

- Suministro de aire comprimido (componentes del grupo A): genera y almacena aire comprimido a baja presión (10 bar) para alimentar:
- El sistema de frenos de servicio (componentes del grupo B)
- El sistema de frenos de estacionamiento (componentes del grupo C)
- Suspensión neumática (componentes del grupo E)
- Control de puertas neumático (componentes del grupo G)
- El control de tracción por ASR (componentes del grupo G) evita el deslizamiento de las ruedas en superficies de baja tracción.

Las diferencias entre este sistema de frenado y el Sistema 2 son las siguientes:

- Baja presión de funcionamiento (en lugar de alta presión), con secado de aire.
- Control neumático de los cilindros de los frenos de las ruedas (actuadores de diafragma) en el eje delantero, combinación de cilindro de frenos con actuadores de diafragma y actuadores de freno de resorte en el eje trasero (para los frenos de servicio y estacionamiento).
- Electroválvula para acelerar la respuesta de los actuadores de diafragma de la combinación de cilindros de freno en el eje trasero.

© ITES - Paraninfo

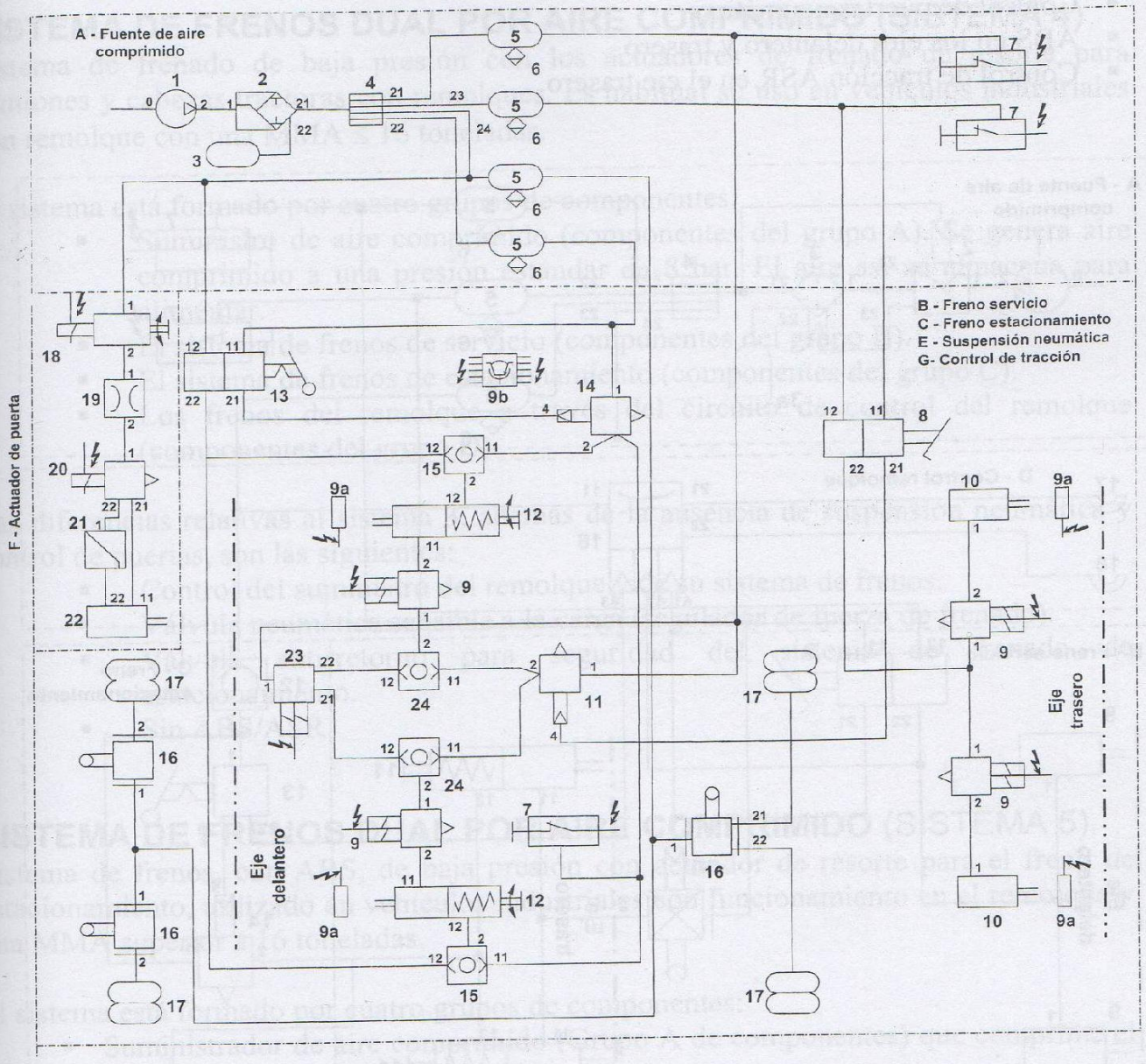


Figura 3.140 Sistema 3 de frenos dual por aire comprimido
(1) Compresor, (2) Deshidratador de aire con regulador de presión, (3) Depósito de regeneración de aire, (4) Válvula de protección de cuatro vías, (5) Depósito de aire, (6) Válvula de purga de agua, (7) Selector de presión (presostato), (8) Válvula del freno de servicio (ABS/ASR), (9a) Sensor de giro de rueda (ABS/ASR), (9b) Unidad electrónica de control, (10) Actuador de diafragma, (11) Válvula relé, (12) Cilindro de freno combinado, (13) Válvula del freno de estacionamiento, (14) Válvula relé, (15) Válvula regulación, (16) Válvula de control de altura, (17) Resorte neumático, (18) Válvula de emergencia (puerta), (19) Válvula de estrangulamiento, (20) Válvula de solenoide, (21) Limitador de presión, (22) Actuador de rotación, (23) Válvula de solenoide (ASR), (24) Válvula de regulación (ASR)

- Válvulas de doble efecto para el control del doble circuito de los actuadores de freno de resorte en combinación con los cilindros del freno, permitiendo su liberación en caso de fallo en el circuito de freno de estacionamiento.
- Suspensión neumática.

© ITES - Paraninfo

- Control de puertas neumático.
- ABS en los ejes delantero y trasero.
- Control de tracción ASR en el eje trasero.

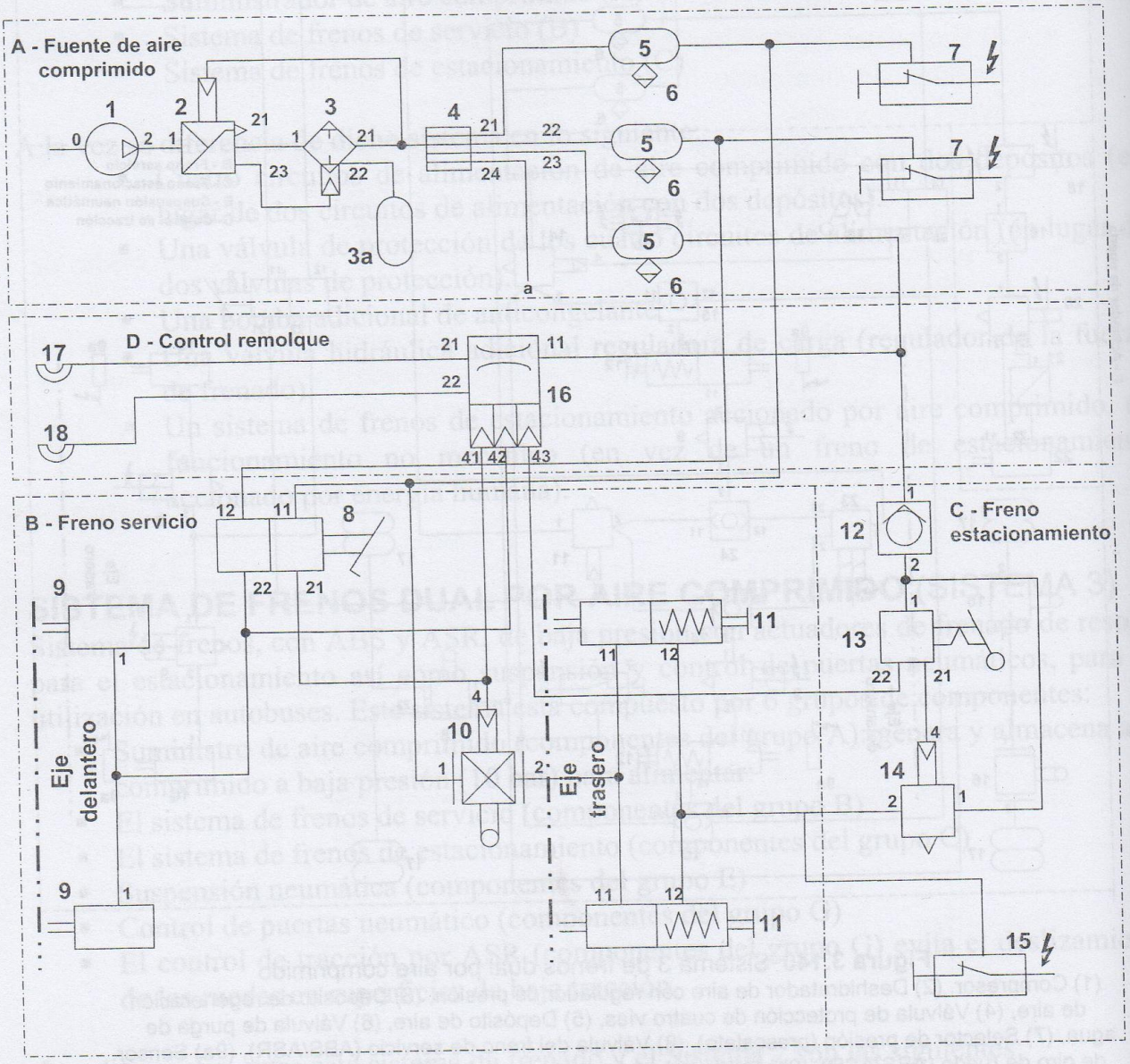


Figura 3.141 Sistema 4 de frenos dual por aire comprimido
(1) Compresor, (2) Regulador de presión, (3) Deshidratador con depósito de regeneración de aire (3a), (4) Válvula de protección de cuatro vías, (5) Depósito de aire, (6) Válvula de purga de agua, (7) Selector de presión (presostato), (8) Válvula del freno de servicio, (9) Actuador de diafragma, (10) Válvula de control respecto a la carga, (11) Cilindro de freno combinado, (12) Válvula antirretorno, (13) Válvula del freno de estacionamiento, (14) Válvula relé, (15) Válvula regulación, (16) Válvula de control del remolque, (17) Acoplamiento de fuente de aire en el remolque, (18) Acoplamiento para frenos del remolque, (a) Cargas secundarias

© ITES - Paraninfo

SISTEMA DE FRENOS DUAL POR AIRE COMPRIMIDO (SISTEMA 4)

Sistema de frenado de baja presión con los actuadores de frenado de resorte para camiones y cabezas tractoras con remolques. Es habitual su uso en vehículos industriales con remolque con una MMA ≤ 16 toneladas.

El sistema está formado por cuatro grupos de componentes:

- Suministro de aire comprimido (componentes del grupo A). Se genera aire comprimido a una presión estándar de 8 bar. El aire así se almacena para alimentar.
- El sistema de frenos de servicio (componentes del grupo B).
- El sistema de frenos de estacionamiento (componentes del grupo C).
- Los frenos del remolque a través del circuito de control del remolque (componentes del grupo D)

Las diferencias relativas al sistema 3, además de la ausencia de suspensión neumática y control de puertas, son las siguientes:

- Control del suministro del remolque y de su sistema de frenos.
- Válvula neumática sensible a la carga (regulador de fuerza de frenado).
- Válvula antirretorno para seguridad del sistema de frenado de estacionamiento.
- Sin ABS/ASR.

SISTEMA DE FRENOS DUAL POR AIRE COMPRIMIDO (SISTEMA 5)

Sistema de frenos, con ABS, de baja presión con actuador de resorte para el freno de estacionamiento, utilizado en vehículos industriales con funcionamiento en el remolque y una MMA superior a 16 toneladas.

El sistema está formado por cuatro grupos de componentes:

- Suministrador de aire comprimido (Grupo A de componentes) que comprime el aire a la presión estándar de 8 bar.
- El sistema de frenos de servicio (Grupo B de componentes).
- El sistema de frenos de estacionamiento (Grupo C de componentes).
- Frenos del remolque a través del circuito de control del remolque (grupo D de componentes).

Las diferencias en comparación con el Sistema 4, son:

- El bucle cerrado de control de la fuerza de frenado también opera en las ruedas delanteras,
- 3 ejes vehículos industriales 6x2,
- Incorpora ABS.

© *ITES - Paraninfo*

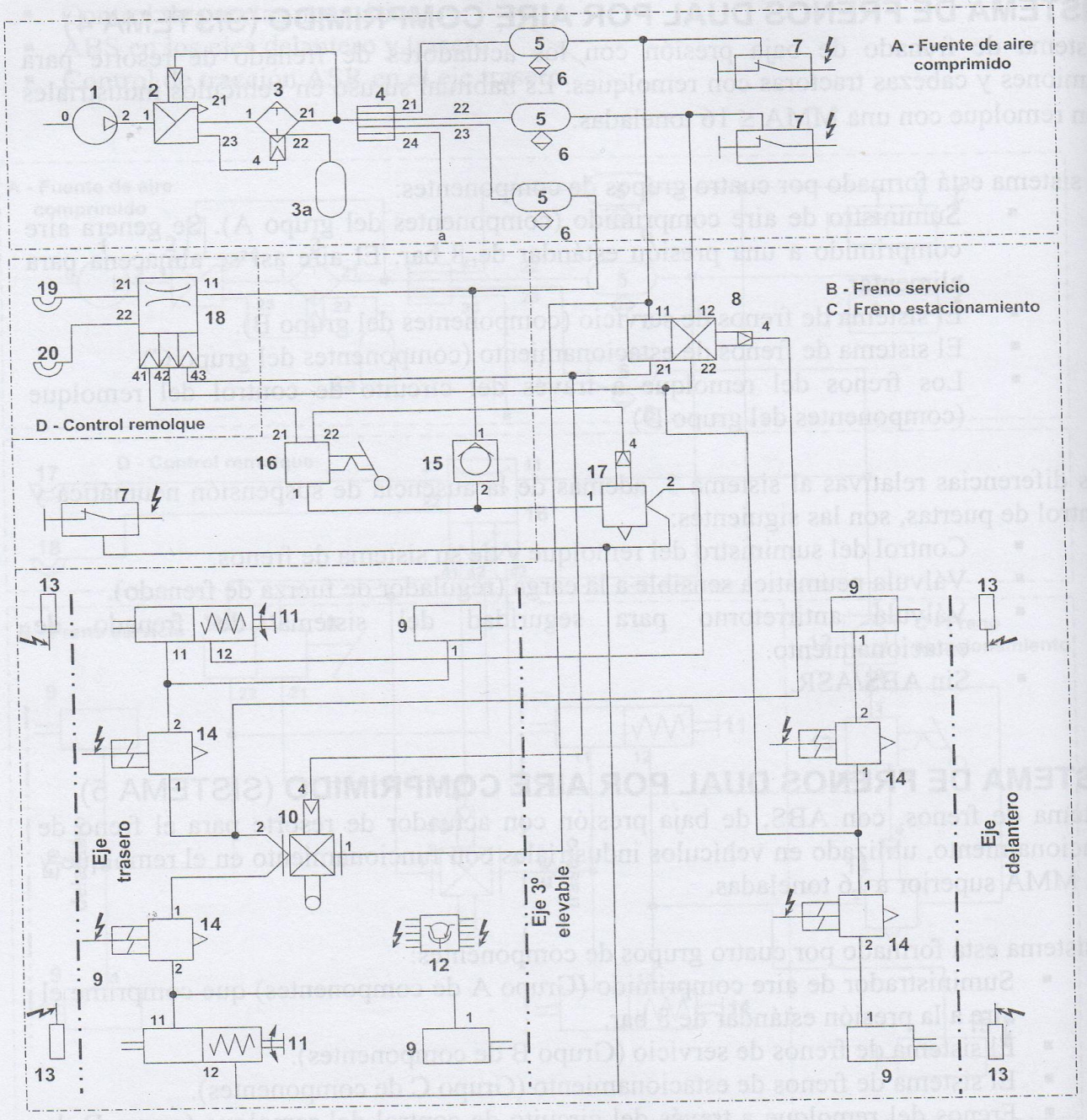


Figura 3.142 Sistema 5 de frenos dual por aire comprimido

(1) Compresor, (2) Regulador de presión, (3) Deshidratador con depósito de regeneración de aire (3a), (4) Válvula de protección de cuatro vías, (5) Depósito de aire, (6) Válvula de purga de agua, (7) Selector de presión (presostato), (8) Válvula del freno de servicio, (9) Actuador de diafragma, (10) Válvula de control respecto a la carga, (11) Cilindro de freno combinado, (12) Unidad electrónica de control (ABS), (13) Sensor de velocidad de rueda (ABS), (14) Válvula de control de presión (ABS), (15) Válvula antirretorno, (16) Válvula del freno de estacionamiento, (17) Válvula relé, (18) Válvula de control del remolque, (19) Acoplamiento de fuente de aire en el remolque, (20) Acoplamiento para frenos del remolque, (a) Cargas secundarias

© ITES - Paraninfo

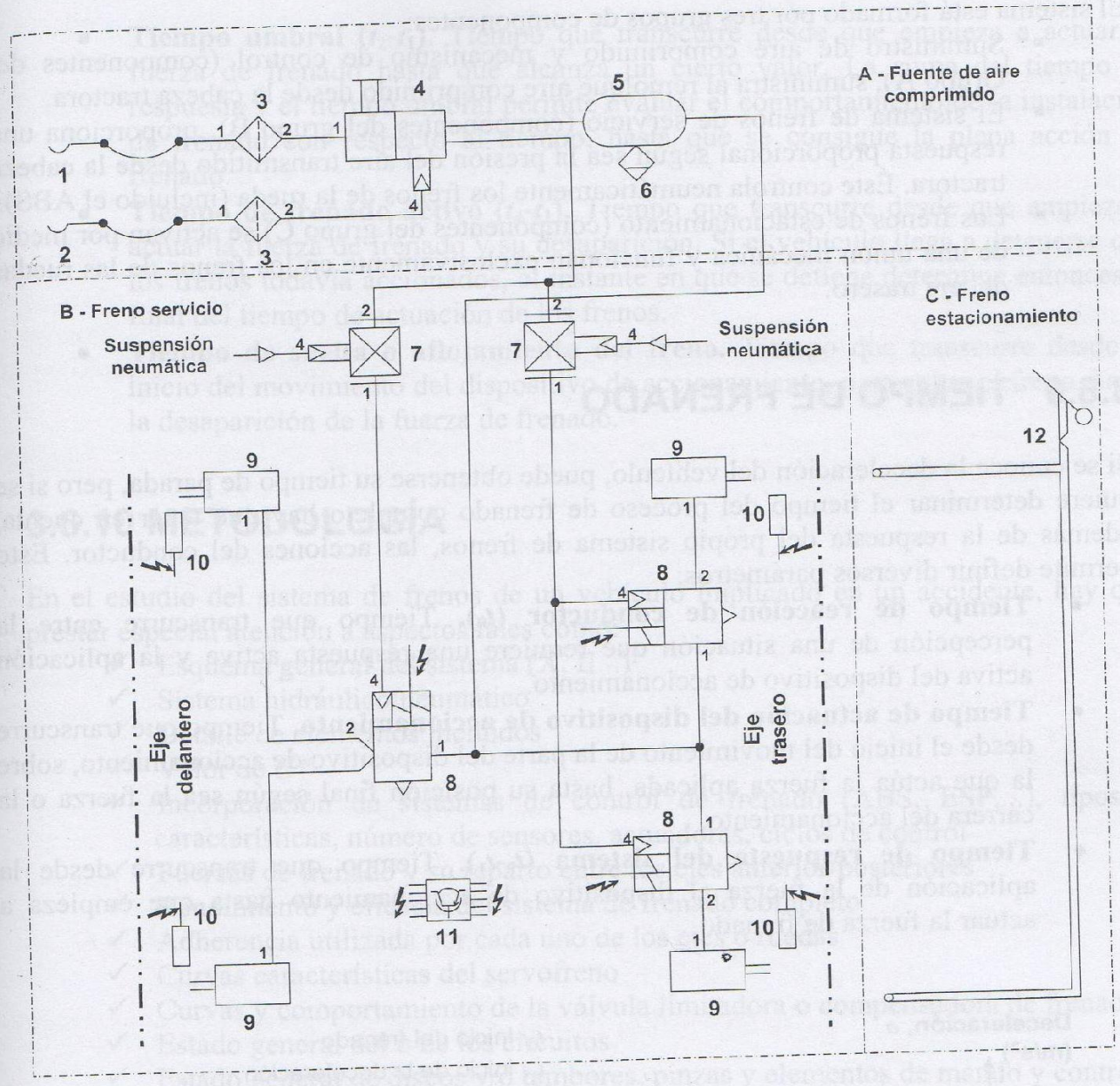


Figura 3.143 Sistema 6 de frenos dual por aire comprimido para remolques

(1) Acoplamiento de fuerza, (2) Acoplamiento de frenos, (3) Filtro, (4) Válvula de freno del remolque, (5) Depósito de aire, (6) Válvula de purga de agua, (7) Válvula de control respecto a la carga, (8) Válvula de soleniode, (9) Actuador de diafragma, (10) Sensor de velocidad de rueda (ABS), (11) Unidad electrónica de control (ABS), (12) Palanca del freno de estacionamiento

SISTEMA DE FRENOS DUAL POR AIRE COMPRIMIDO (SISTEMA 6)

El sistema de frenos incorpora un freno de estacionamiento mecánico, con ABS. Para remolques equipados con frenos de aire comprimido y con una MMA mayor de 10 toneladas.

© ITES - Paraninfo

El sistema está formado por tres grupos de componentes:

- Suministro de aire comprimido y mecanismo de control (componentes del Grupo A), suministra al remolque aire comprimido desde la cabeza tractora.
- El sistema de frenos de servicio (componentes del grupo B), proporciona una respuesta proporcional según sea la presión del aire transmitido desde la cabeza tractora. Éste controla neumáticamente los frenos de la rueda (incluido el ABS).
- Los frenos de estacionamiento (componentes del grupo C) se activan por medio de una unión mecánica y funcionan exclusivamente en los frenos de las ruedas del eje trasero.

3.6.9 TIEMPO DE FRENADO

Si se conoce la deceleración del vehículo, puede obtenerse su tiempo de parada, pero si se quiere determinar el tiempo del proceso de frenado completo hay que tener en cuenta, además de la respuesta del propio sistema de frenos, las acciones del conductor. Esto permite definir diversos parámetros:

- **Tiempo de reacción de conductor (t_0).** Tiempo que transcurre entre la percepción de una situación que requiere una respuesta activa y la aplicación activa del dispositivo de accionamiento.
- **Tiempo de actuación del dispositivo de accionamiento.** Tiempo que transcurre desde el inicio del movimiento de la parte del dispositivo de accionamiento, sobre la que actúa la fuerza aplicada, hasta su posición final según sea la fuerza o la carrera del accionamiento.
- **Tiempo de respuesta del sistema (t_0-t_1).** Tiempo que transcurre desde la aplicación de la fuerza al dispositivo de accionamiento hasta que empieza a actuar la fuerza de frenado.

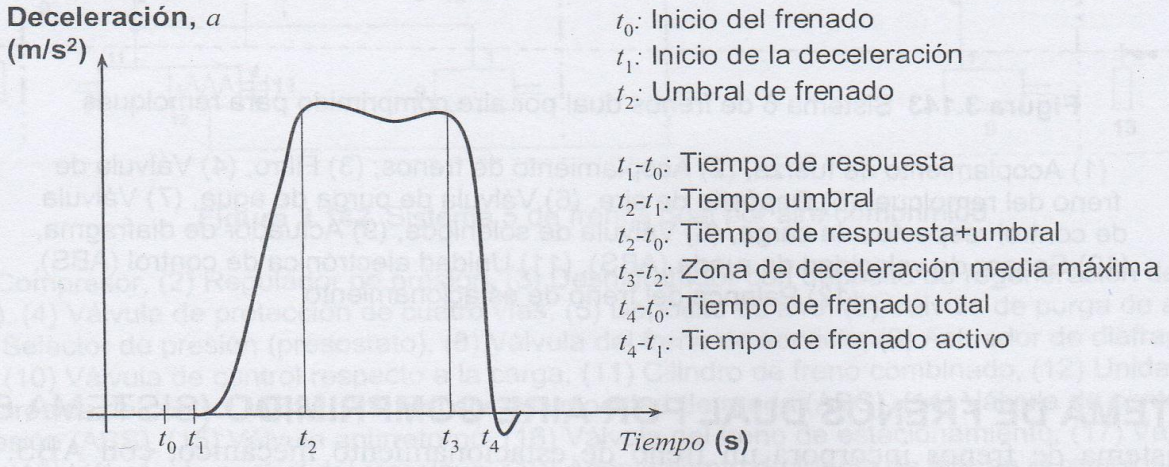


Figura 3.144 Tiempos del proceso de frenado

© ITES - Paraninfo

Además de los muelles helicoidales, en los sistemas de suspensión pueden aparecer topes de compresión que absorben grandes fuerzas en deformaciones pequeñas. Pueden situarse dentro de muelles helicoidales o alojarse directamente en el eje o brazos de suspensión. Además, pueden existir muelles suplementarios que actúan de manera similar a los topes de compresión, aunque presentan un comportamiento más suave y altamente no lineal. Estos elementos suelen estar fabricados de gomas o elastómeros de poliuretano, con burbujas de aire que permiten unas compresiones de hasta el 80% y con incrementos del diámetro de únicamente el 35%.

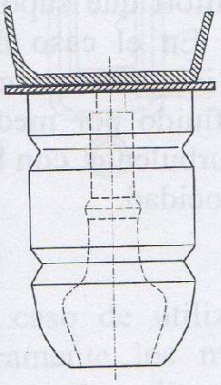


Figura 3.35 Muelle suplementario

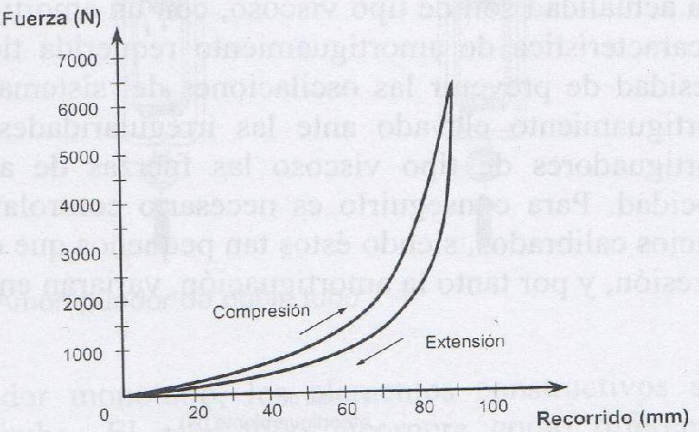


Figura 3.36 Curva de un muelle suplementario

La ubicación de los muelles puede realizarse en cualquier parte de la suspensión, como, por ejemplo, alrededor de la columna formada por el amortiguador (montaje de la columna *McPherson*). Para las configuraciones de paralelogramo el resorte suele operar normalmente en el brazo inferior debido a que éste es más compacto. Cuando este espacio está ocupado por elementos de la dirección, el resorte puede actuar en el brazo superior. Para configuraciones de brazo arrastrado posterior, el resorte puede actuar directamente en el brazo, o incluso puede ponerse horizontalmente, actuando en algún tipo de lengüeta o prolongación.

En general, la compresión o extensión del resorte es diferente del desplazamiento de la rueda, y su proporción no es constante. La fuerza del resorte es generalmente mayor que la que actúa sobre la rueda, con una rigidez eficaz que normalmente aumenta con la elevación de la misma (compresión de la suspensión), lo que se puede conseguir mediante diseños adecuados de varillajes o en función de las características del resorte. El gas (suspensiones neumáticas e hidroneumáticas) y los resortes de caucho tienen este tipo de comportamiento debido al propio material. Los resortes espirales de acero pueden presentar este comportamiento si se espacian las espiras irregularmente, o si el diámetro del alambre se adelgaza, para que se cierren progresivamente. Las ballestas de hojas se

© ITES - Paraninfo

comportarán de este modo si inicialmente están separadas o se instalan ballestines auxiliares.

EL AMORTIGUADOR

El amortiguador disipa en forma de calor la energía cinética de la suspensión, originada por la dinámica de la masa suspendida o por las perturbaciones de la carretera, para permitir que el conjunto vuelva a su posición neutra de forma controlada, evitando el rebote del neumático y la pérdida del control del vehículo. Los amortiguadores utilizados en la actualidad son de tipo viscoso, con un amortiguamiento variable de tipo hidráulico. La característica de amortiguamiento requerida tiene que ser un compromiso entre la necesidad de prevenir las oscilaciones del sistema y la falta de confort que supone un amortiguamiento elevado ante las irregularidades de la carretera. En el caso de los amortiguadores de tipo viscoso las fuerzas de amortiguación se incrementan con la velocidad. Para conseguirlo es necesario controlar el paso de un fluido por medio de orificios calibrados, siendo éstos tan pequeños que el flujo debe ser turbulento, con lo que la presión, y por tanto la amortiguación, variarán en función de la velocidad.

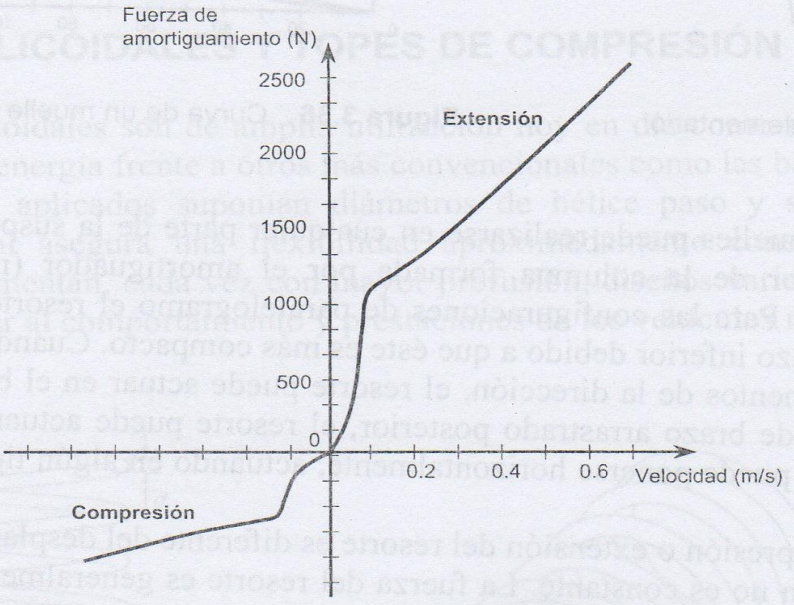


Figura 3.37 Curvas de comportamiento de un amortiguador

Los amortiguadores hidráulicos telescópicos pueden ser de doble tubo o monotubo, siendo el primero de ellos el más común. En un diseño bitubo se combina la acción del paso del fluido a través del pistón con el desplazamiento del fluido hacia/desde una cámara concéntrica.

© *ITES - Paraninfo*

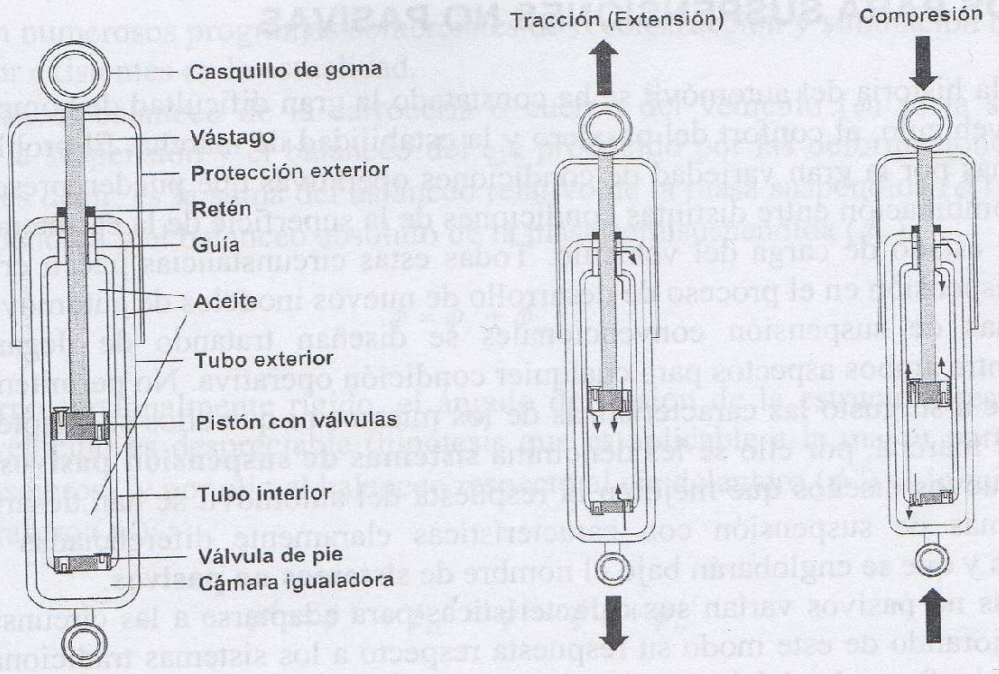


Figura 3.38 Amortiguador de doble tubo

En el caso de utilizar un amortiguador monotubo, los elementos constructivos son prácticamente los mismos que el bitubo. El monotubo incorpora como diferencia fundamental un dispositivo de cierre de la parte inferior del área de trabajo por medio de un pistón flotante en contacto con el fluido y soportado por la presión de un gas en su parte inferior (nitrógeno).

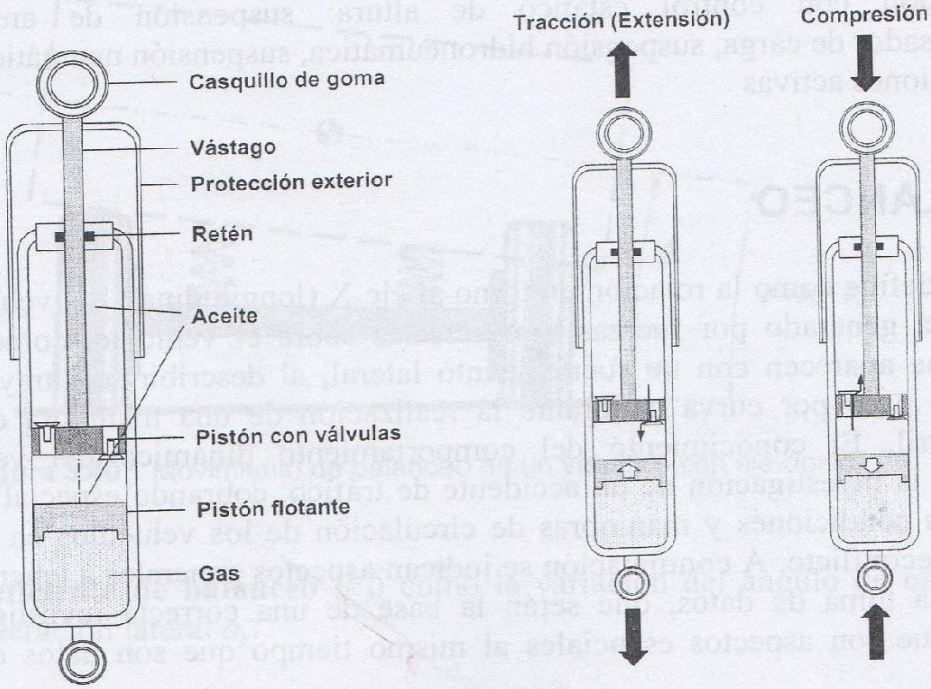


Figura 3.39 Aspecto y componentes de un amortiguador monotubo

© ITES - Paraninfo

ELEMENTOS PARA SUSPENSIONES NO PASIVAS

A lo largo de la historia del automóvil se ha constatado la gran dificultad de compaginar, en un mismo vehículo, el confort del pasajero y la estabilidad de marcha. El problema se agudiza aún más por la gran variedad de condiciones operativas que pueden presentarse, debidas a la combinación entre distintas condiciones de la superficie de la carretera con la velocidad y el estado de carga del vehículo. Todas estas circunstancias hacen crítico el diseño de la suspensión en el proceso de desarrollo de nuevos modelos de automóviles.

Los sistemas de suspensión convencionales se diseñan tratando de llegar a un compromiso entre ambos aspectos para cualquier condición operativa. No permiten que el conductor varíe a su gusto las características de los mismos ni que ellos se adapten a las condiciones de marcha, por ello se les denomina **sistemas de suspensión pasivos**. En la búsqueda de nuevos diseños que mejoren la respuesta del automóvil se han desarrollado diversos sistemas de suspensión con características claramente diferenciadas de los convencionales y que se englobarán bajo el nombre de **sistemas no pasivos**.

Los sistemas no pasivos varían sus características para adaptarse a las circunstancias operativas, mejorando de este modo su respuesta respecto a los sistemas tradicionales de suspensión. Están formados básicamente por dispositivos y captadores que controlan en tiempo real las condiciones de marcha y gobiernan los actuadores integrados en el sistema de suspensión, variando las fuerzas de reacción de la suspensión.

Los sistemas no pasivos se pueden clasificar en función del grado o capacidad de adaptación que tiene cada uno de los sistemas que la componen. Si se tienen en cuenta únicamente sistemas actuales, omitiendo otros prácticamente en desuso como la suspensión hidroelástica o el diseño *hydragas*, pueden existir:

- Suspensiones semiactivas o adaptativas
- Suspensión con control estático de altura: suspensión de amortiguador compensador de carga, suspensión hidroneumática, suspensión neumática,...
- Suspensiones activas

3.3.4 BALANCEO

El balanceo se define como la rotación en torno al eje X (longitudinal) del vehículo. Este balanceo vendrá generado por fuerzas transversales sobre el vehículo, como son, por ejemplo, las que aparecen con un fuerte viento lateral, al describir una trayectoria no rectilínea en el paso por curva o durante la realización de una maniobra evasiva de cambio de carril. El conocimiento del comportamiento dinámico del vehículo es fundamental en la investigación de un accidente de tráfico, cobrando especial interés en lo relativo a las condiciones y maniobras de circulación de los vehículos en la fase de precolisión o preconflicto. A continuación se indican aspectos generales a tener en cuenta en la fase de la toma de datos, que serán la base de una correcta investigación del accidente, ya que son aspectos esenciales al mismo tiempo que son datos de entrada

© *ITES - Paraninfo*

necesarios en numerosos programas comerciales de reconstrucción y simulación dinámica por ordenador existentes en la actualidad.

En general, el balanceo de la carrocería o cuerpo del vehículo (ϕ) es la suma del balanceo de la suspensión y el balanceo del eje producido por las deformaciones de los neumáticos, es decir, es la suma del balanceo relativo de la masa suspendida (ϕ_s) respecto a la semisuspendida y el balanceo absoluto de la masa semisuspendida (ϕ_{ss}).

$$\phi = \phi_s + \phi_{ss}$$

Para un cuerpo torsionalmente rígido, el ángulo de torsión de la estructura resistente o cuerpo del vehículo es despreciable (hipótesis que es aplicable a la mayor parte de los coches de pasajeros), y por ello el balanceo respecto al eje delantero (ϕ^d) es lo mismo que respecto al trasero (ϕ^t):

$$\phi^d = \phi_s{}^d + \phi_{ss}{}^d = \phi^t = \phi^t{}_s + \phi_{ss}{}^t$$

Pero en la mayoría de los vehículos industriales, para un cálculo exacto del comportamiento dinámico hay que considerar el ángulo de torsión del chasis ζ_{chasis} y entonces:

$$\phi^d = \phi_s{}^d + \phi_{ss}{}^d \quad \phi^t = \phi_s{}^t + \phi_{ss}{}^t \qquad \zeta_{chasis} = \phi^d - \phi^t$$

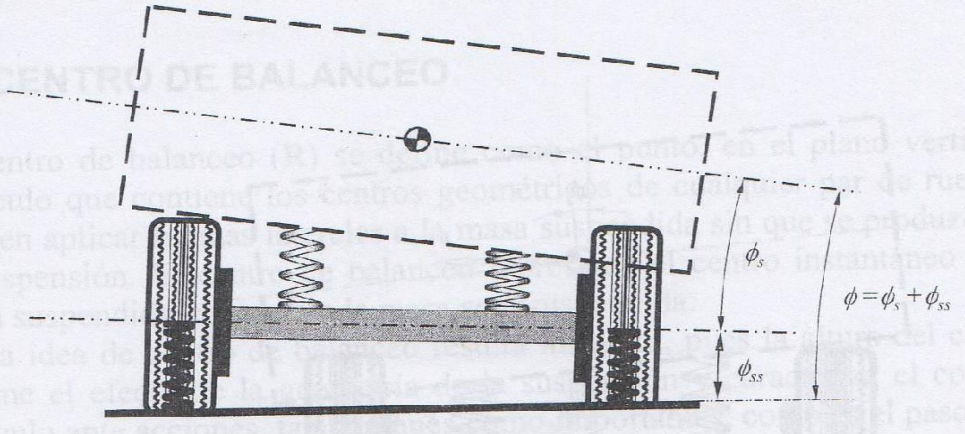


Figura 3.40 Movimiento de balanceo de un vehículo con eje rígido

Se define el **coeficiente de balanceo** (k_ϕ) como la variación del ángulo de balanceo ϕ respecto a la aceleración lateral a_y:

© ITES - Paraninfo

$$k_\phi = \frac{\partial \phi}{\partial a_y}$$

Este coeficiente puede caracterizar tanto el balanceo de la masa suspendida como el de la semisuspendida o el total del vehículo, de tal manera que el **coeficiente total de balanceo** (k_ϕ) representa la suma de los coeficientes de balanceo de la suspensión ($k_{\phi s}$) y del eje (o de la masa semisuspendida, $k_{\phi ss}$).

$$k_\phi = k_{\phi s} + k_{\phi ss}$$

El balanceo produce, además, una modificación del ángulo de caída de las ruedas respecto a la carrocería y a la carretera. En general, en una posición en la que exista balanceo de la masa suspendida, la solicitación mecánica de los muelles de la suspensión en ambos lados será diferente y, normalmente, mayor en el lado más bajo. Esto produce una transferencia de carga vertical, e incluso, en función de la geometría de la suspensión, un esfuerzo ascensional adicional, que en suspensiones independientes tiende a disminuir el ancho de vía del vehículo y a elevar el centro de gravedad.

Ante el par de balanceo del vehículo (acción) la suspensión reacciona con una rigidez (reacción) al balanceo del vehículo K_ϕ suma (adición de muelles en serie) de las rigideces al balanceo de la suspensión $K_{\phi s}$ y el eje $K_{\phi ss}$.

$$\frac{1}{K_\phi} = \frac{1}{K_{\phi s}} + \frac{1}{K_{\phi ss}}$$

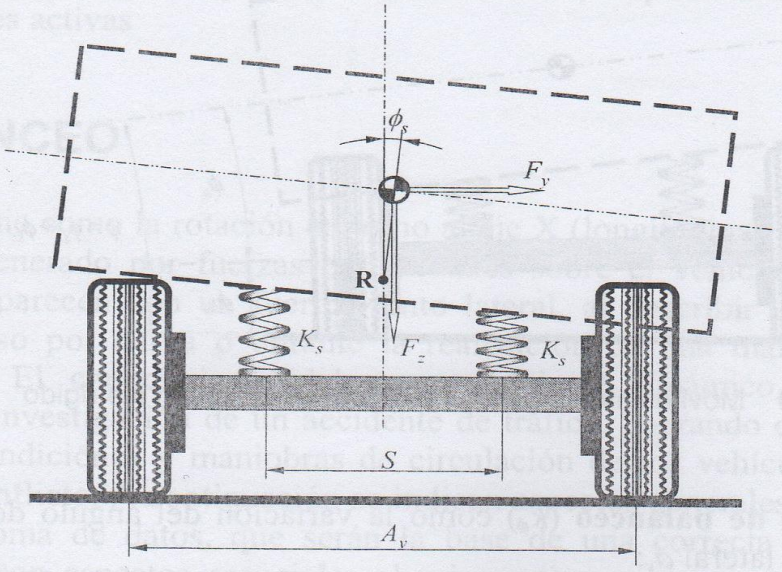


Figura 3.41 Modelo ideal de balanceo de una suspensión de eje rígido

© ITES - Paraninfo

El gráfico de la figura 3.42 caracteriza, de forma genérica, el comportamiento a balanceo de una suspensión. La posición inicial **A** se obtiene para un balanceo nulo. De forma habitual se incrementa, con un comportamiento de rigidez constante o creciente, hasta el punto donde llega a tocar el tope de compresión de la suspensión de una rueda (**B**); la rigidez se aumenta entonces hasta llegar al tope de extensión de la otra rueda (**C**). Llegado al punto **D**, la rueda interior pierde contacto con el suelo y puede producirse el vuelco del vehículo. De forma práctica se suelen determinar gráficos semejantes para cada uno de los ejes del vehículo y uno para el vehículo completo, expresándose la aportación de cada eje en porcentajes.

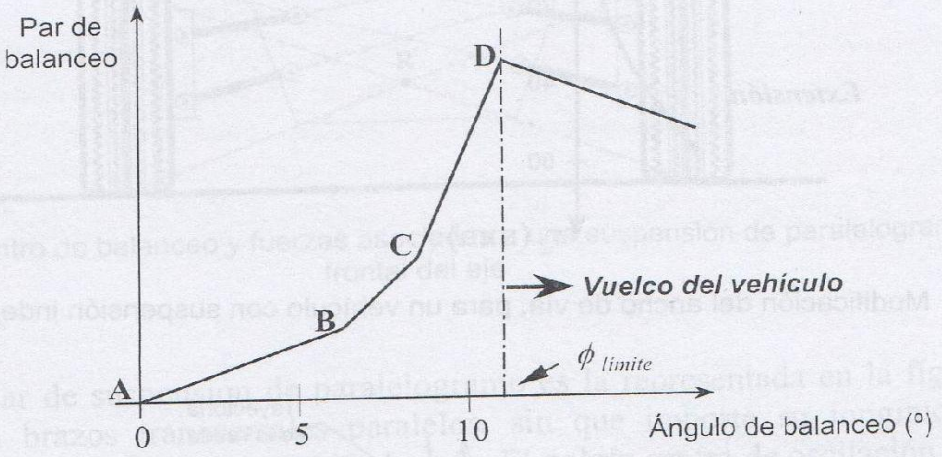


Figura 3.42 Representación del par de balanceo en función del ángulo de balanceo

EL CENTRO DE BALANCEO

El centro de balanceo (**R**) se define como el punto, en el plano vertical transversal al vehículo que contiene los centros geométricos de cualquier par de ruedas, en el que se pueden aplicar fuerzas laterales a la masa suspendida sin que se produzca un balanceo de la suspensión. El centro de balanceo representa el centro instantáneo de rotación de la masa suspendida, respecto a la masa semisuspendida.

La idea de centro de balanceo resulta muy útil, pues la altura del centro de balanceo resume el efecto de la geometría de la suspensión y caracteriza el comportamiento del vehículo ante acciones, tan comunes como importantes, como es el paso por una curva. Si se conoce la altura del centro de balanceo, se puede calcular el ángulo de balanceo y la transferencia de carga en los ejes delantero y trasero. Esto resulta importante para caracterizar la estabilidad y conducción del vehículo bajo grandes aceleraciones laterales, ya que permite determinar las fuerzas resultantes sobre cada neumático y, por tanto, analizar la dinámica transversal del vehículo. Es decir, la altura de balanceo se puede utilizar para resumir las características de la transferencia de carga a las ruedas de una determinada suspensión.

© ITES - Paraninfo

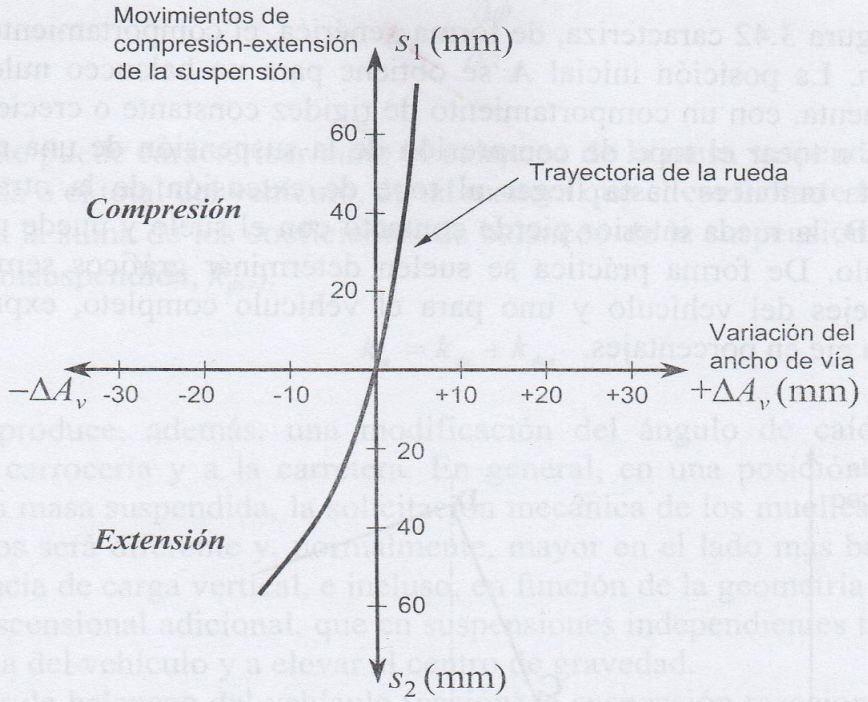


Figura 3.43 Modificación del ancho de vía, para un vehículo con suspensión independiente

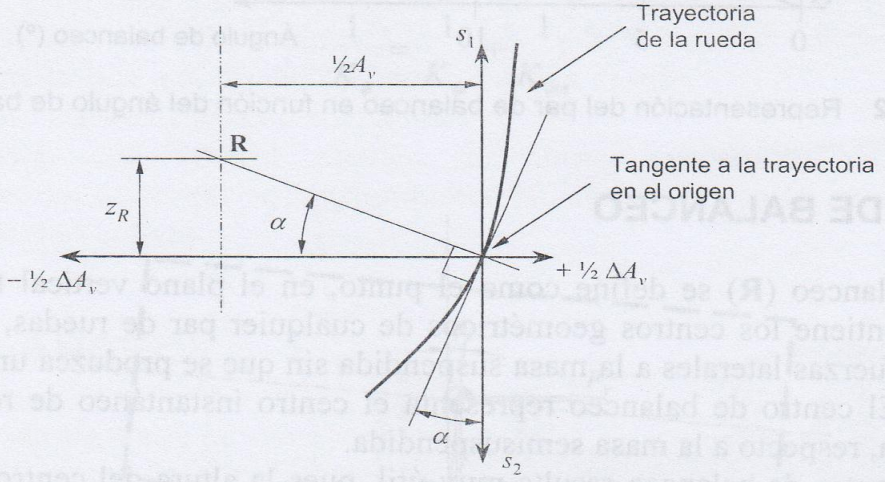


Figura 3.44 Obtención gráfica del centro de balanceo a partir de la curva de modificación del ancho de vía, para un vehículo con suspensión independiente

La variación del ancho de vía, para la obtención del centro de balanceo según la figura 3.44, requiere la medición de la variación del ancho de vía con movimientos de compresión-extensión de la suspensión. Este procedimiento puede ser realizado con el vehículo objeto de estudio u otro exactamente igual (en lo relativo a configuración general).

© *ITES - Paraninfo*

La determinación completamente gráfica, a partir de un esquema a escala, del centro de balanceo de una suspensión de paralelogramo, se muestra en la figura 3.45. La prolongación de los brazos se cortan en los puntos **E**, que tras unirlos con los centro de las huellas de contacto con el suelo, determinan la posición del centro de balanceo (**R**). La altura se mide sobre la construcción gráfica teniendo en cuenta la escala utilizada en el dibujo.

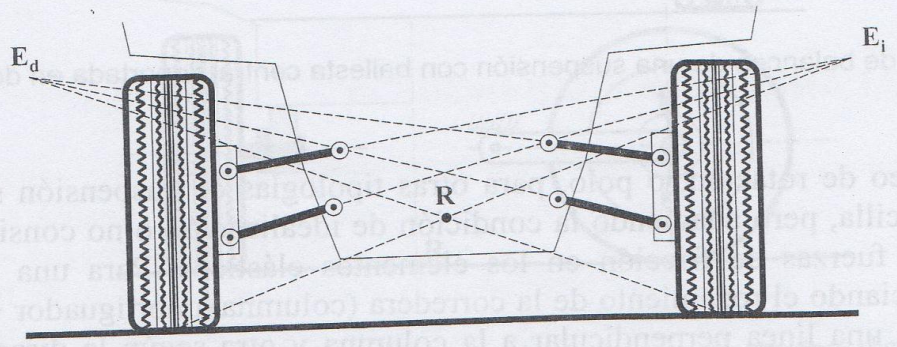


Figura 3.45 Centro de balanceo y fuerzas asociadas a una suspensión de paralelogramo. Vista frontal del eje

Un caso particular de suspensión de paralelogramo es la representada en la figura 3.46, donde se tienen brazos transversales paralelos, sin que importe su longitud para la determinación de la altura del centro de balanceo. El polo o centro de oscilación (c.i.r.) de la rueda respecto a la carrocería está en el infinito, por ser los brazos paralelos.

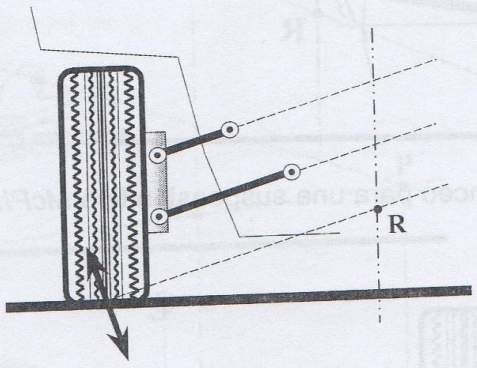


Figura 3.46 Esquema para la obtención del centro de balanceo de una suspensión de paralelogramo, con brazos paralelos. Vista frontal

Otro tipo de suspensión independiente que se puede analizar es la representada en la figura 3.47, donde además de un brazo inferior se ha emplazado una ballesta transversal apoyada en (**C**). En esta configuración la obtención del centro de balanceo equivale, a todos los efectos, a una configuración de paralelogramo.

© ITES - Paraninfo

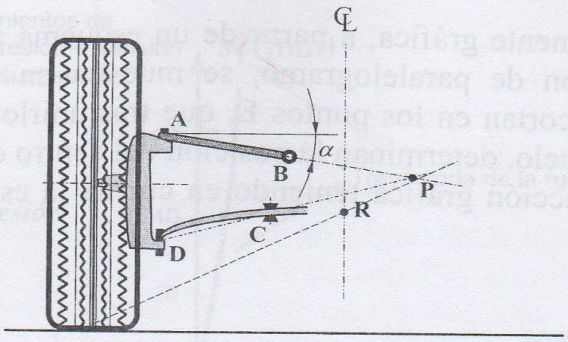


Figura 3.47 Centro de balanceo de una suspensión con ballesta central soportada en dos puntos

El centro instantáneo de rotación, o polo, para otras tipologías de suspensión se puede hallar de forma sencilla, pero añadiendo la condición de idealización o no consideración de los pares y las fuerzas de fricción en los elementos elásticos. Para una columna *McPherson*, despreciando el rozamiento de la corredera (columna amortiguador + muelle helicoidal), se traza una línea perpendicular a la columna y otra según la dirección del brazo o trapecio inferior y su unión con la carrocería, como se muestra en la figura 3.48.

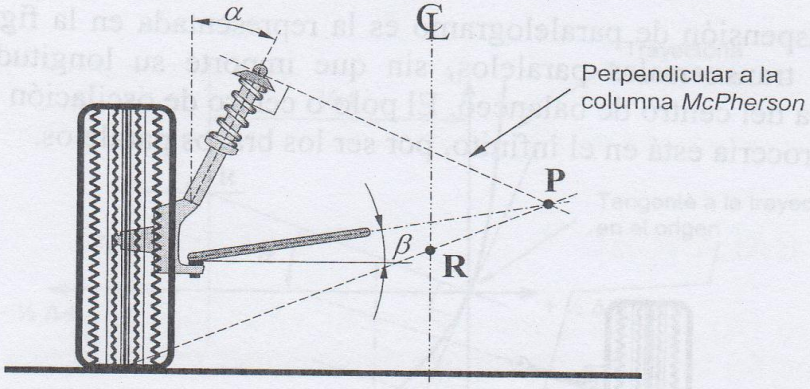


Figura 3.48 Centro de balanceo para una suspensión tipo *McPherson*. Vista frontal

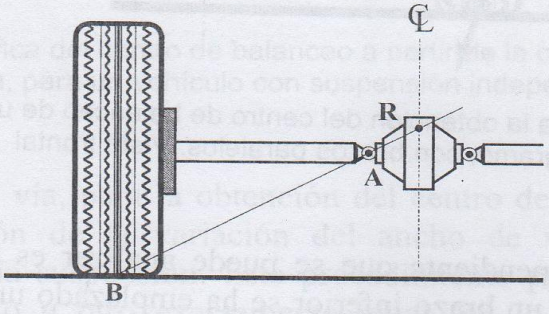


Figura 3.49 Centro de balanceo para una suspensión de semiejes oscilantes. Vista frontal

© *ITES - Paraninfo*

Para la suspensión de semiejes oscilantes, se considera que el centro de balanceo está en la línea que une el pivote (**A**), junto al diferencial, con el centro de la huella de contacto (**B**), dado que no puede haber momento en ese punto. La construcción gráfica, teniendo en cuenta que el centro de balanceo se sitúa, para condiciones simétricas de la suspensión, en el plano medio longitudinal, se detalla en la figura 3.49.

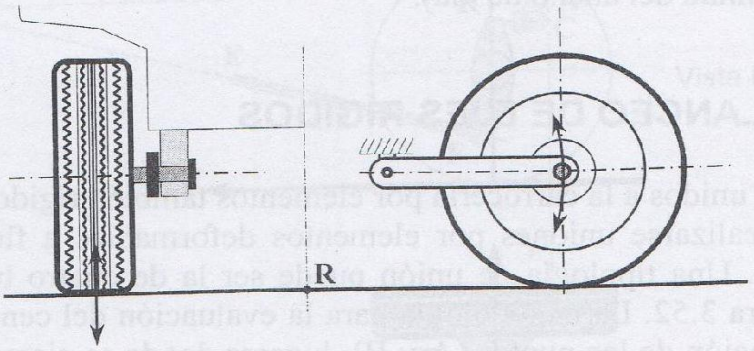


Figura 3.50 Centro de balanceo de una suspensión de brazos arrastrados. Vista frontal y lateral

La figura 3.50 muestra una suspensión de brazos arrastrados, típica de ejes posteriores. Esta suspensión presenta un único brazo de control en cada lado, y por tanto la posición del polo determina el centro de balanceo. Si, como en este caso, el tirante está horizontal, el centro de balanceo se situará en el suelo (estando el polo en el infinito) para pequeñas aceleraciones o solicitaciones transversales. Este tipo de suspensiones presenta la característica de no variar la vía para una deflexión de la suspensión, pero sí la batalla.

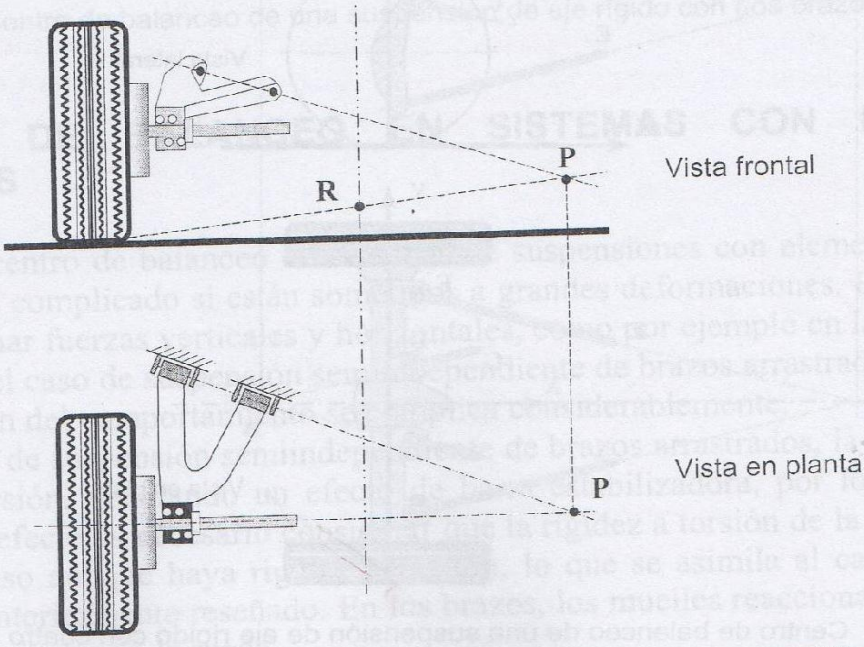


Figura 3.51 Centro de balanceo de una suspensión de brazos semiarrastrados

© *ITES - Paraninfo*

En el caso de una suspensión de brazos semiarrastrados, el movimiento de la rueda se realiza respecto a un eje que hay que determinar en el espacio tridimensional. El polo, figura 3.51, se obtiene por la intersección de la prolongación del eje de giro, visto en planta, hasta que intersecte a la línea transversal que une los centros de las ruedas. A la misma coordenada *y* (transversal), en la vista en alzado, está el polo, perteneciendo al mismo tiempo a la línea de giro del brazo. El centro de balanceo está definido por la intersección entre la línea que une el polo y el centro de la huella de contacto, con la línea central del coche (a la mitad del ancho de vía).

CENTROS DE BALANCEO DE EJES RÍGIDOS

Estos ejes pueden estar unidos a la carrocería por elementos también rígidos, como brazos o tirantes, o pueden realizarse uniones por elementos deformables a flexión a torsión como son las ballestas. Una tipología de unión puede ser la de cuatro brazos, como la representada en la figura 3.52. La metodología para la evaluación del centro de balanceo se basa en la determinación de los puntos (A y B), lugares donde se ejercen las fuerzas a la carrocería desde el eje. La línea que los une determina el eje instantáneo de rotación de la carrocería con respecto al eje. Por tanto, el centro de balanceo es el punto generado por la intersección de esta línea con el plano vertical que contiene los centros geométricos de las ruedas. En esta construcción se suponen pequeñas o despreciables las deformaciones en los casquillos de unión, así como, al mismo tiempo, no se ha considerado el efecto del par de tracción en el puente trasero y el efecto de transferencia de carga asociado.

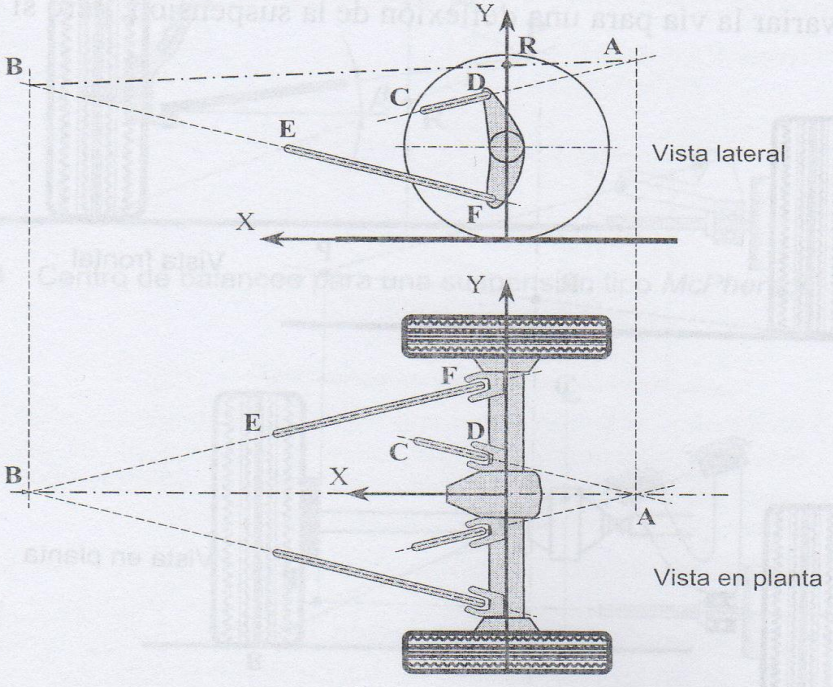


Figura 3.52 Centro de balanceo de una suspensión de eje rígido con cuatro brazos

© ITES - Paraninfo

Otras disposiciones de eje rígido pueden estar asociadas a la utilización de una barra *Panhard*, para la absorción de los esfuerzos transversales, como se representa en la figura 3.53.

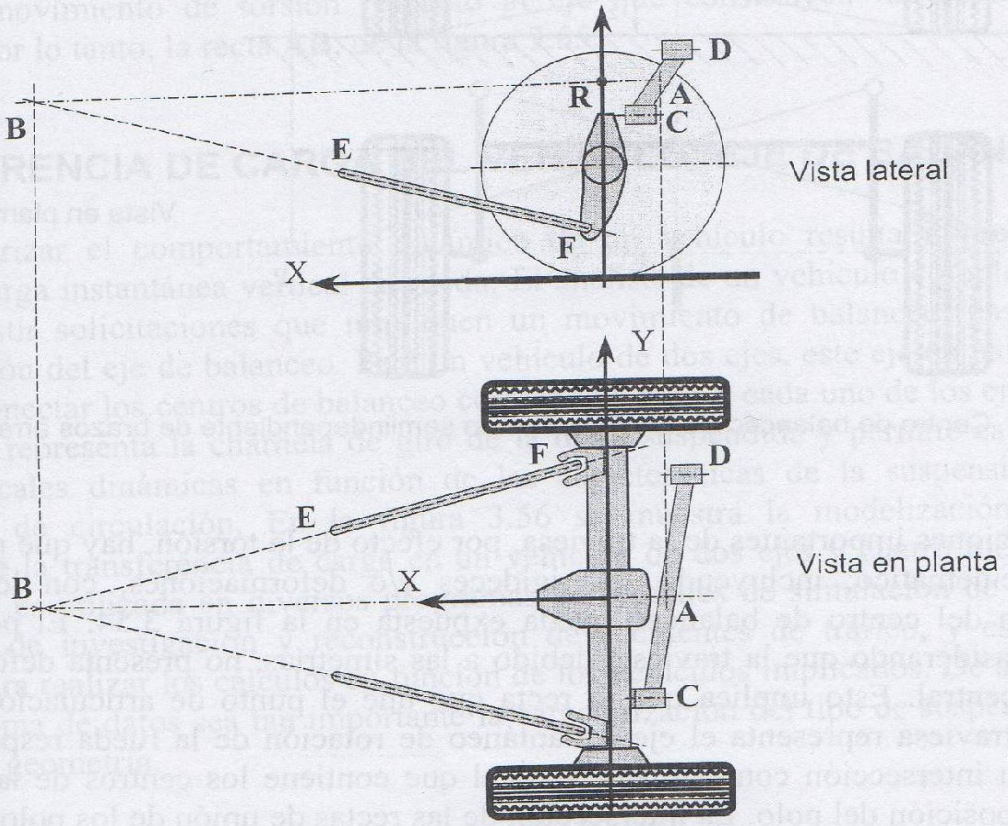


Figura 3.53 Centro de balanceo de una suspensión de eje rígido con dos brazos y barra *Panhard*

CENTROS DE BALANCEO EN SISTEMAS CON ELEMENTOS ELÁSTICOS

Encontrar el centro de balanceo de sistemas de suspensiones con elementos elásticos es especialmente complicado si están sometidos a grandes deformaciones. En estos casos se suelen combinar fuerzas verticales y horizontales, como por ejemplo en la suspensión con ballesta o en el caso de suspensión semiindependiente de brazos arrastrados, con lo que la caracterización del comportamiento se complica considerablemente.

En el caso de suspensión semiindependiente de brazos arrastrados, la barra transversal trabaja en torsión, generando un efecto de barra estabilizadora, por lo que para poder eliminar este efecto es necesario considerar que la rigidez a torsión de la barra transversal es nula, incluso aunque haya rigidez a flexión, lo que se asimila al caso de los brazos arrastrados, anteriormente reseñado. En los brazos, los muelles reaccionan por separado a las fuerzas verticales en la rueda.

© ITES - Paraninfo

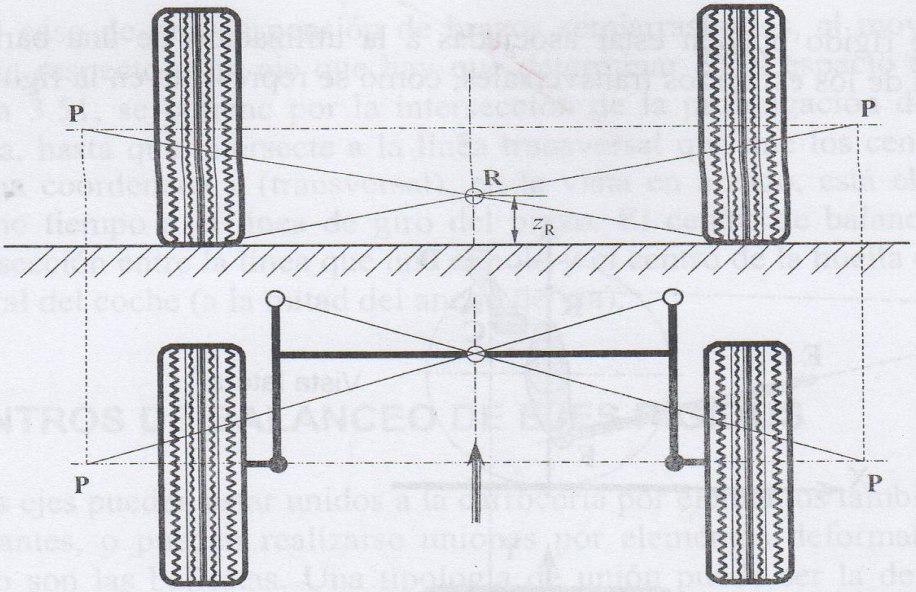


Figura 3.54 Centro de balanceo de una suspensión semiindependiente de brazos arrastrados

Para deformaciones importantes de la traviesa, por efecto de la torsión, hay que recurrir a un análisis cinemático, incluyendo las rigideces y/o deformaciones, con lo que la determinación del centro de balanceo queda expuesta en la figura 3.54. El polo **P** se determina considerando que la traviesa, debido a las simetrías, no presenta deformación en el punto central. Esto implica que la recta que une el punto de articulación con el centro de la traviesa representa el eje instantáneo de rotación de la rueda respecto a la carrocería. Su intersección con el plano vertical que contiene los centros de las ruedas determina la posición del polo. La intersección de las rectas de unión de los polos con los centros de las huellas de contacto determina el centro de balanceo. En este caso se supone que el comportamiento de esta suspensión semiindependiente equivale al de una suspensión independiente de brazos arrastrados en la que el eje de pivotamiento es la recta que une cada articulación con el centro de la traviesa.

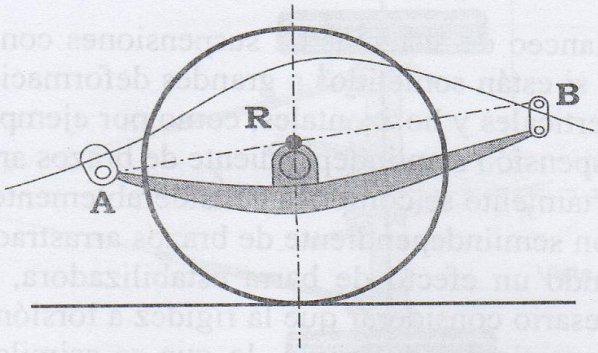


Figura 3.55 Centro de balanceo de una suspensión con ballesta. Vista lateral

© *ITES - Paraninfo*

En el caso de suspensión con ballestas longitudinales, la transferencia de carga depende de las rigideces a flexión y torsión de las hojas y los elementos de sujeción y enlace, que son solicitados mecánicamente ante acciones de balanceo de la carrocería o cuerpo del vehículo. El centro de balanceo se obtiene suponiendo que la ballesta es un elemento que permite el movimiento de torsión respecto al eje que constituyen los anclajes a la carrocería. Por lo tanto, la recta **AB**, de la figura 3.55.

TRANSFERENCIA DE CARGA DEL VEHÍCULO: EJE DE BALANCEO

Para caracterizar el comportamiento dinámico de un vehículo resulta imprescindible evaluar la carga instantánea vertical en rueda. El análisis de un vehículo completo, en el caso de existir solicitaciones que impliquen un movimiento de balanceo, pasa por la caracterización del eje de balanceo. Para un vehículo de dos ejes, este eje de balanceo se obtiene al conectar los centros de balanceo correspondientes a cada uno de los ejes. El eje de balanceo representa la charnela de giro de la masa suspendida y permite calcular las cargas verticales dinámicas en función de las características de la suspensión y las condiciones de circulación. En la figura 3.56 se muestra la modelización para la obtención de la transferencia de carga en un vehículo de dos ejes y cuatro ruedas. Esta metodología es utilizada en diversos programas comerciales de simulación de dinámica vehicular y de investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico, y es un dato necesario para realizar los cálculos en función de los vehículos implicados. De ahí que en la fase de toma de datos sea tan importante la caracterización del tipo de suspensión, sus elementos y geometría.

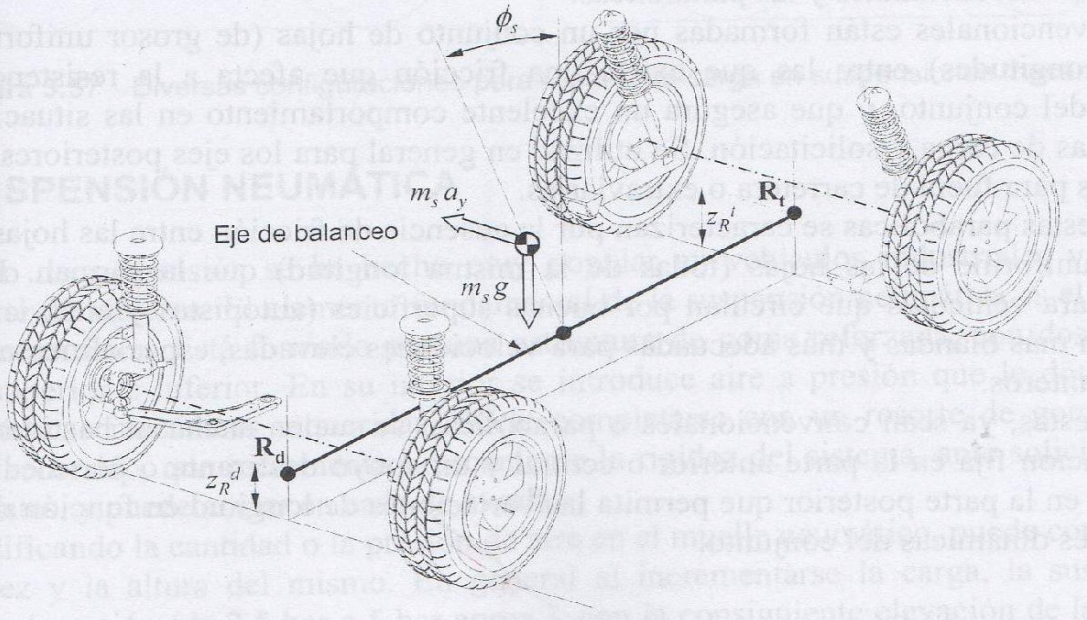


Figura 3.56 Eje de balanceo de un vehículo de cuatro ruedas

© ITES - Paraninfo

3.3.5 LA SUSPENSIÓN EN VEHÍCULOS INDUSTRIALES

En los vehículos industriales, esencialmente entre la estructura resistente (bastidor o carrocería autorportante) y las ruedas o ejes, se instalan elementos elásticos y elementos amortiguadores o disipativos.

Los elementos elásticos soportan el peso, y se deforman, con lo que se evita el movimiento brusco de la carrocería y se mantiene la rueda en contacto con el suelo. Dentro de los elementos elásticos se podrán encontrar muelles helicoidales, ballestas barras de torsión o muelles neumáticos. Un muelle helicoidal precisa de otros elementos (bielas, tirantes,...) que transmitan los esfuerzos transversales y longitudinales. La ballesta es un conjunto de láminas elásticas que suelen estar fijadas al bastidor por una articulación (fija) o dos (una fija y otra con apoyo deslizante o con articulado con gemela). Las barras de torsión se empotran en un extremo, mientras que el otro se une a un brazo ligado mecánicamente a la rueda, pudiendo colocarse longitudinal o transversal al vehículo. Los muelles neumáticos están compuestos por una cámara hermética que contiene aire o gas a presión que permite su regulación.

Por su parte el elemento amortiguador no realiza ningún esfuerzo mientras no se varíe la distancia entre sus extremos. Esencialmente disipa la energía que produce las oscilaciones del elemento elástico.

LA SUSPENSIÓN MECÁNICA

Una suspensión mecánica de vehículos industriales estará formada, esencialmente por ballestas, amortiguadores y barras estabilizadoras, que deberán permitir la circulación ante muy diversas situaciones de carga. Se pueden distinguir dos tipos principales de ballestas, las convencionales y las parabólicas.

Las convencionales están formadas por un conjunto de hojas (de grosor uniforme y diferentes longitudes) entre las que existe una fricción que afecta a la resistencia y elasticidad del conjunto, y que asegura un excelente comportamiento en las situaciones más extremas de carga y solicitación. Se utilizan en general para los ejes posteriores o en aplicaciones para fuera de carretera o extraviarias.

Las ballestas parabólicas se caracterizan por la ausencia de fricción entre las hojas y el grosor no uniforme de las hojas (todas de la misma longitud) que la forman. Están indicadas para vehículos que circulan por buenas superficies (autopistas y autovías) ya que resultan más blandas y más adecuadas para velocidades elevadas, especialmente para los ejes delanteros.

Las ballestas, ya sean convencionales o parabólicas, se suelen anclar al bastidor con una articulación fija en la parte anterior o central y un apoyo deslizante o por medio de una gemela en la parte posterior que permita las variaciones de longitud en función de las solicitaciones dinámicas del conjunto.

© ITES - Paraninfo

LA SUSPENSIÓN MECÁNICA EN UN TÁNDEM O BOGIE

Para situaciones de grandes cargas será necesaria la adopción de ejes dobles que conforman un conjunto funcional denominado tándem o bogie, formado por dos o tres ejes. Las diversas configuraciones serán función de la aplicación del vehículo y de otras características como la tracción y su reparto en los diferentes ejes.

Desde un primer momento se observó la imposibilidad de asegurar un determinado reparto de carga si lo que instalaban eran dos ejes, con sus correspondientes suspensiones, de forma independiente, por lo que se han desarrollado diversas configuraciones que intentan solucionar el problema (figura 3.57).

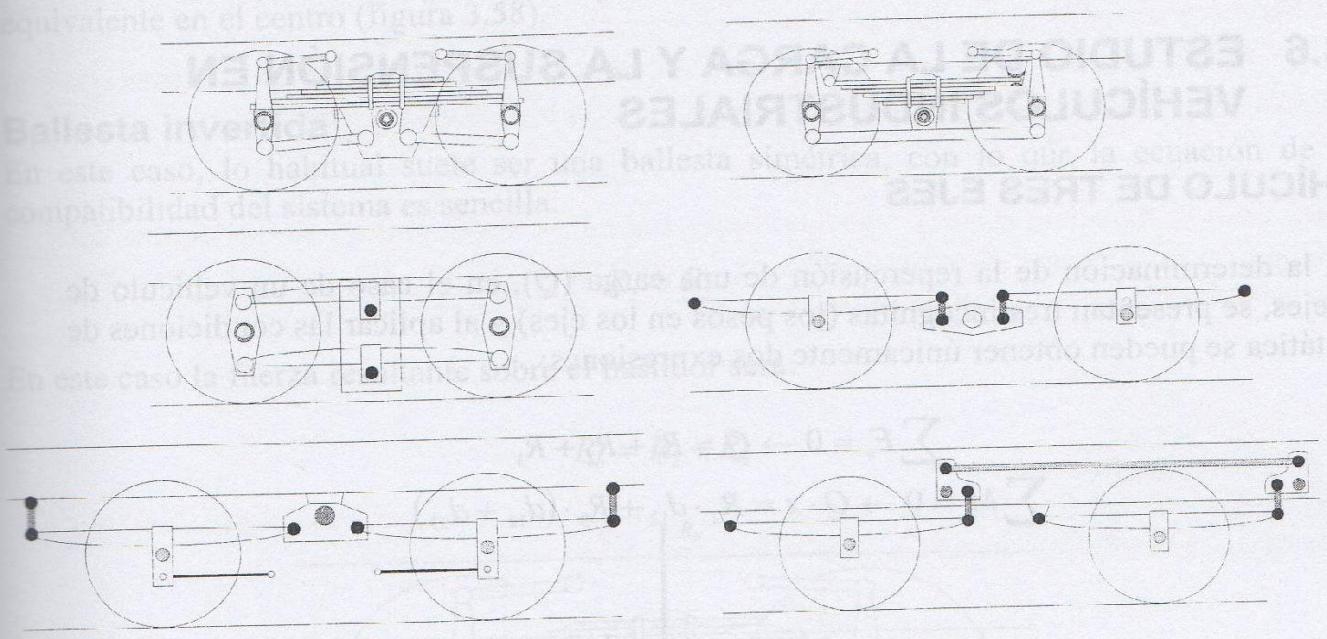


Figura 3.57 Diversas configuraciones para reparto de carga en suspensiones mecánicas

LA SUSPENSIÓN NEUMÁTICA

Este tipo de suspensión se ha hecho muy popular en vehículos industriales y para el transporte de viajeros. El elemento fundamental de la suspensión neumática es el fuelle o muelle neumático. Está formado por una estructura de goma reforzada, con dos tapas o bridas superior e inferior. En su interior se introduce aire a presión que le dota de las características mecánicas requeridas. Suele completarse con un resorte de goma como tope de recorrido, que incrementa bruscamente la rigidez del sistema, ante solicitaciones importantes, y puede actuar en caso de avería.

Modificando la cantidad o la presión de aire en el muelle neumático, puede controlarse la rigidez y la altura del mismo. En general al incrementarse la carga, la suspensión aumentará presión (de 2,5 bar a 5 bar aprox.), con la consiguiente elevación de la rigidez efectiva y por tanto la frecuencia propia (de 1,2/1,3 Hz a 1,5/1,6 Hz).

© ITES - Paraninfo

Las diversas configuraciones existentes de suspensiones neumáticas en vehículos industriales pueden incluir uno o dos muelles neumáticos por rueda, siendo habitual aplicar uno para ejes conducidos y dos para ejes tractores. El sistema se completará con amortiguadores telescópicos hidráulicos y barras estabilizadoras que optimicen el comportamiento del vehículo completo.

El aire se secará para el adecuado funcionamiento del resto de equipos, y se almacena en unos depósitos secundarios, dotados de válvulas limitadoras de presión. Cuando se incrementa la carga, la válvula niveladora detecta un acercamiento entre los ejes y el bastidor e incrementa ligeramente la presión en los fuelles neumáticos. Este proceso asegura la nivelación del vehículo para un rango de solicitaciones función del número y ubicación de las válvulas de nivel existentes.

3.3.6 ESTUDIO DE LA CARGA Y LA SUSPENSIÓN EN VEHÍCULOS INDUSTRIALES

VEHÍCULO DE TRES EJES

Para la determinación de la repercusión de una carga (Q), en el caso de un vehículo de tres ejes, se presentan tres incógnitas (los pesos en los ejes) y al aplicar las condiciones de la estática se pueden obtener únicamente dos expresiones:

$$\sum F_v = 0 \rightarrow Q = R_1 + R_2 + R_3$$

$$\sum M = 0 \rightarrow Q \cdot x = R_2 \cdot d_{12} + R_3 \cdot (d_{12} + d_{23})$$

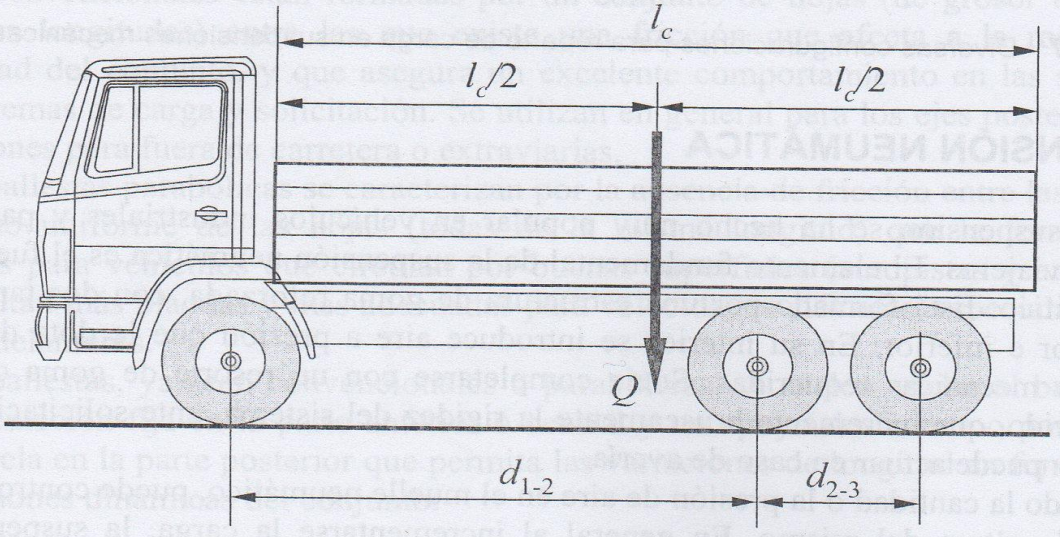


Figura 3.58 Carga en un vehículo de tres ejes

© ITES - Paraninfo

Para la resolución del problema hay que plantear una tercera expresión (ecuación de compatibilidad) que será función del sistema de suspensión instalado. Según los sistemas de suspensión y puntos de apoyo al bastidor y, por tanto, según las solicitaciones que se generan, se pueden distinguir diversos casos. En todos ellos se supondrá que las distancias entre ejes, en las diferentes situaciones de carga, son constantes y se considerarán como puntuales todos los anclajes y puntos de conexión de los sistemas y elementos de suspensión. En el comportamiento estático únicamente se considerará la acción de los elementos esencialmente elásticos de la suspensión (muelles, ballestas, elementos neumáticos,...) sin considerar el efectos de los amortiguadores. Según lo comentado anteriormente referente a las zonas de carga, de forma general se supone que la carga está uniformemente distribuida, por lo que se puede considerar una carga puntual equivalente en el centro (figura 3.58).

Ballesta invertida

En este caso, lo habitual suele ser una ballesta simétrica, con lo que la ecuación de compatibilidad del sistema es sencilla:

$$R_2 = R_3$$

En este caso la fuerza resultante sobre el bastidor será:

$$R_b = R_2 + R_3$$

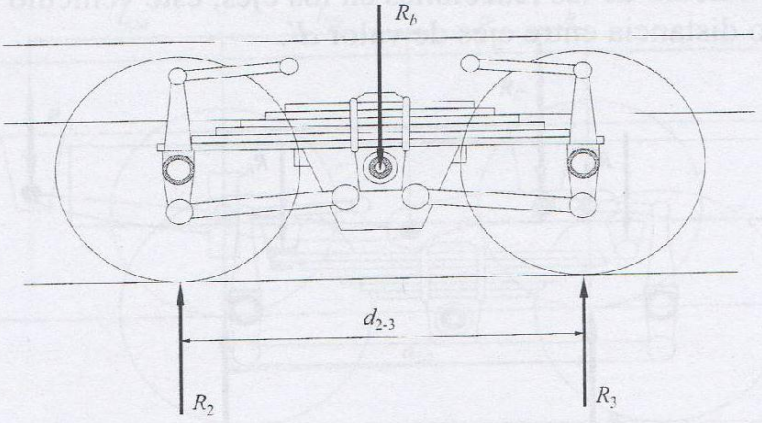


Figura 3.59 Cargas en una suspensión de ballesta invertida

El bastidor estará apoyado en un punto único, el centro del bogie trasero. A efectos de cálculos de las reacciones en los ejes se calculará la reacción en el apoyo central y después se distribuirá en los dos ejes, de forma proporcional a los brazos de la ballesta. De forma habitual la ballesta será simétrica, con lo que el sistema asegura un reparto igual en los dos ejes traseros.

© ITES - Paraninfo

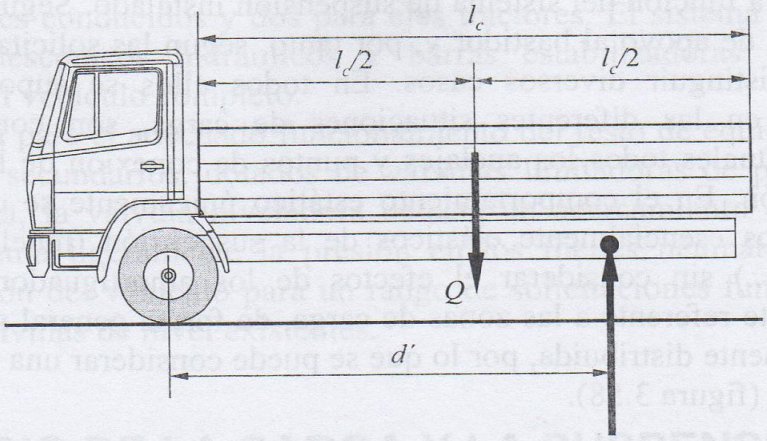


Figura 3.60 Carga equivalente y reacción en un vehículo de tres ejes con ballesta invertida

En este caso la distancia d' será, medida directamente en el vehículo, entre el centro del eje delantero y el punto de articulación de la ballesta invertida. En muchos casos ese punto está situado exactamente a mitad de la distancia de los ejes traseros, con lo que:

$$d' = d_{1-2} + \frac{d_{2-3}}{2}$$

Según esto, a efectos de cálculo de las reacciones en los ejes, este vehículo equivale a uno de dos ejes, con batalla o distancia entre ejes de valor d'.

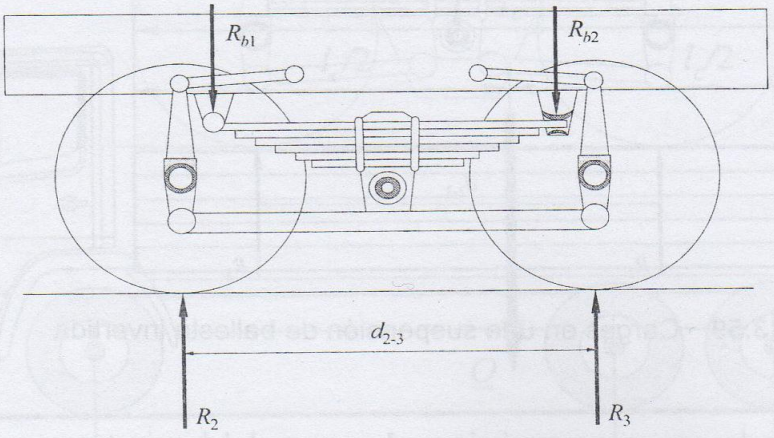


Figura 3.61 Suspensión tipo *Hendrickson*

© *ITES - Paraninfo*

Suspensión tipo *Hendrickson*

Este tipo de suspensión está representado esquemáticamente en la figura 3.61. En este caso la ballesta es simétrica, con lo que la ecuación de compatibilidad del sistema queda de la forma:

$$R_2 = R_3$$

Según eso, las fuerzas resultantes sobre el bastidor serán $R_{b1} = R_{b2} = R_2 = R_3$

Eje supletorio

En este caso el conjunto del tren trasero presenta dos apoyos en el bastidor y un elemento mecánico que reparte la carga. La ecuación de equilibrio de fuerzas en el brazo oscilante, que representa la compatibilidad del sistema es:

$$R_{2t} \cdot a = R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \cdot a = R_3 \cdot b \rightarrow R_3 = R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \cdot \frac{a}{b}$$

En caso de que la ballesta sea simétrica se cumple que: $l_{b2d} = l_{b2t}$, con lo que la expresión queda:

$$R_3 = R_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{b}$$

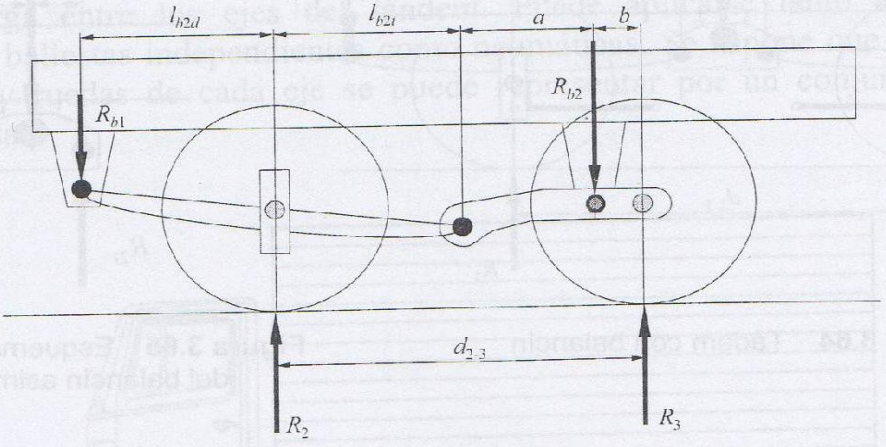


Figura 3.62 Suspensión de eje supletorio

Las cargas que soporta el bastidor del vehículo serán, según lo anterior:

$$R_{b1} = R_2 \cdot \frac{l_{b2t}}{l_{b2d} + l_{b2t}} \qquad R_{b2} = R_2 \cdot \frac{l_{b2d}}{l_{b2d} + l_{b2t}} + R_3$$

© ITES - Paraninfo

c) Condiciones de utilización:
Neumáticos tipo nieve – M + S, M, S ó M & S, (*mud and snow*, barro y nieve).
Neumáticos de uso temporal – T, indicada delante de la anchura nominal.

Tabla 4.2 Categoría de velocidad

Categoría de Velocidad	Velocidad (km/h)	Velocidad (mph)	Categoría de Velocidad	Velocidad (km/h)	Velocidad (mph)
A1	5	3	K	110	68
A2	10	6	L	120	75
A3	15	9	M	130	81
A4	20	12	N	140	87
A5	25	16	P	150	94
A6	30	19	Q	160	100
A7	35	22	R	170	106
A8	40	25	S	180	112
B	50	31	T	190	118
C	60	37	U	200	124
D	65	40	H	210	130
E	70	43	V* VR	> 210	> 130
F	80	50	V	240	149
G	90	56	W	270	168
J	100	62	Y	300	186
			ZR	> 240	> 150

d) Índice de capacidad de carga (n). Se trata de un número que identifica la máxima carga que puede soportar el neumático en las condiciones de uso especificadas por su fabricante. La relación entre el índice y la carga máxima se recoge en la tabla 4.3. La relación entre el índice de capacidad de carga y la carga máxima es:

$$P_{máx} = 45 \cdot \left(\sqrt[80]{10}\right)^n = 45 \cdot (1{,}0292)^n \, kg$$

e) Utilización o no de cámara:
Neumático con cámara – Sin indicación.
Neumático sin cámara – "TUBELESS".

f) Para neumáticos reforzados: la palabra "REINFORCED" o "EXTRA LOAD".

g) Fecha de fabricación. Los neumáticos deben llevar grabada la fecha de fabricación expresada por cuatro dígitos: los dos primeros indican la semana y los dos últimos el año. En los neumáticos fabricados antes del año 2000 la fecha viene indicada por tres dígitos: los dos primeros indican la semana y el tercero corresponde al último guarismo del año.

© ITES - Paraninfo

Tabla 4.3 Índice de capacidad de carga

n	kg	n	kg	n	kg	n	kg
0	45	40	140	80	450	120	1 400
1	46,2	41	145	81	462	121	1 450
2	47,5	42	150	82	475	122	1 500
3	48,7	43	155	83	487	123	1 550
4	50	44	160	84	500	124	1 600
5	51,5	45	165	85	515	125	1 650
6	53	46	170	86	530	126	1 700
7	54,5	47	175	87	545	127	1 750
8	56	48	180	88	560	128	1 800
9	58	49	185	89	580	129	1 850
10	60	50	190	90	600	130	1 900
11	61,5	51	195	91	615	131	1 950
12	63	52	200	92	630	132	2 000
13	65	53	206	93	650	133	2 060
14	67	54	212	94	670	134	2 120
15	69	55	218	95	690	135	2 180
16	71	56	224	96	710	136	2 240
17	73	57	230	97	730	137	2 300
18	75	58	236	98	750	138	2 360
19	77,5	59	243	99	775	139	2 430
20	80	60	250	100	800	140	2 500
21	82,5	61	257	101	825	141	2 575
22	85	62	265	102	850	142	2 650
23	87,5	63	272	103	875	143	2 725
24	90	64	280	104	900	144	2 800
25	92,5	65	290	105	925	145	2 900
26	95	66	300	106	950	146	3 000
27	97,5	67	307	107	975	147	3 075
28	100	68	315	108	1 000	148	3 150
29	103	69	325	109	1 030	149	3 250
30	106	70	335	110	1 060	150	3 350
31	109	71	345	111	1 090	151	3 450
32	112	72	355	112	1 120	152	3 550
33	115	73	365	113	1 150	153	3 650
34	118	74	375	114	1 180	154	3 750
35	121	75	387	115	1 215	155	3 875
36	125	76	400	116	1 250	156	4 000
37	128	77	412	117	1 285	157	4 125
38	132	78	425	118	1 320	158	4 250
39	136	79	437	119	1 360	159	4 375

Todos los neumáticos deben llevar grabados los parámetros descritos en ambos lados si se trata de neumáticos simétricos, o en un lateral cuando se trata de neumáticos asimétricos.

En la figura 4.10 se puede apreciar el marcaje de un neumático utilizado en un turismo. La designación, según reglamentos europeos, es:

175/70 R14 79 T TUBELESS M+S 2100

© ITES - Paraninfo

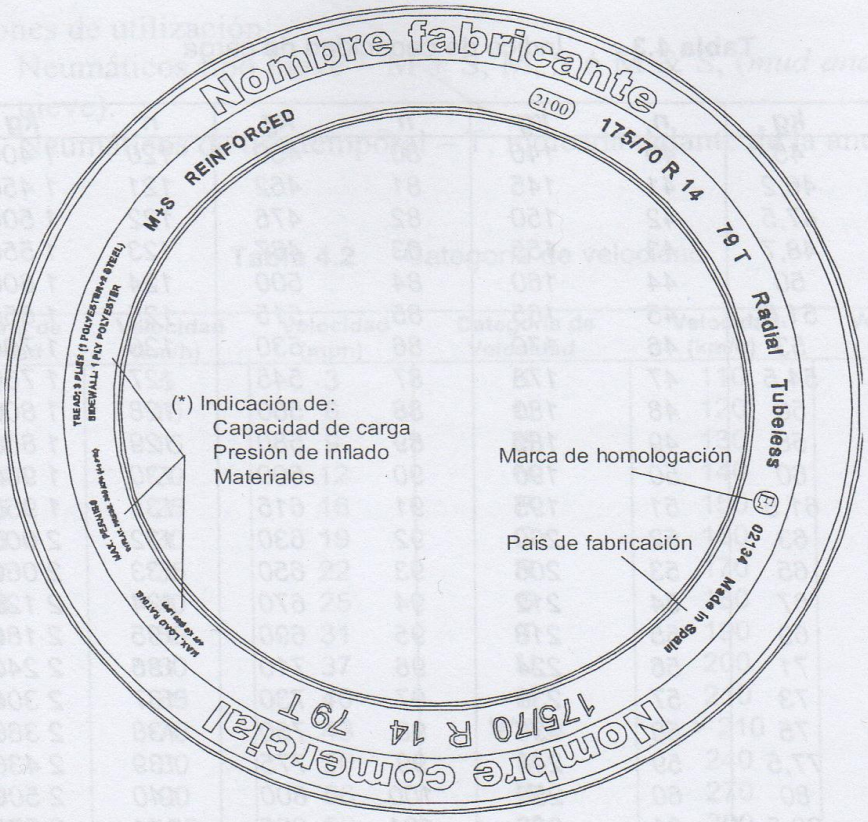


Figura 4.10 Ejemplo del marcado de un neumático de turismo. (*) Indicación opcional

Su significado es el siguiente:

- 175: Anchura nominal de la sección 175 mm
- 70: Relación nominal de aspecto
- R: Estructura radial
- 14: Diámetro de la llanta en pulgadas
- 79: Índice de capacidad de carga (437 kg)
- T: Categoría de velocidad (190 km/h)
- TUBELESS: Sin cámara
- M+S: Utilización extraviaria (Barro y nieve)
- 2100: Fecha de fabricación (semana 21, año 2000)

Además, deben llevar grabada la marca de homologación sobre, al menos, uno de los flancos. Para los homologados según la directiva europea, la marca de homologación CE está formada por un rectángulo que rodea a la letra "e" seguida de las letras o números distintivos del Estado miembro que la haya concedido. El número de homologación, junto a la marca, esta compuesto por el número de homologación de componente que exprese el certificado correspondiente al tipo, precedido de dos cifras que indican el número de secuencia de la última modificación de la Directiva 92/23. A continuación del número

© *ITES - Paraninfo*

puede aparecer la letra "s" si el neumático ha superado el ensayo de ruido de acuerdo a la directiva 2001/43/CE.

Identificar la contraseña de homologación sirve para determinar si dos neumáticos son del mismo tipo, dado que en caso de serlo deben tener la misma contraseña. Esto tiene importancia por el hecho de que según recoge la Directiva 92/23 todos los neumáticos instalados en un eje serán del mismo tipo. Para entender el significado de tipo, por tipo de neumático se entiende aquellos que no difieran entre sí en:

- el nombre o marca comercial
- la designación de tamaño del neumático
- la categoría de utilización (normal, especial, de uso temporal o de nieve)
- la estructura de la carcasa (diagonal, radial o diagonal cinturada)
- la categoría de velocidad
- el índice de capacidad de carga
- la sección transversal

Actualmente muchas cubiertas están diseñadas de forma que tienen un sentido principal de giro, indicado en su costado con una flecha o con la indicación *outside*.

Por último, en el hombro las cubiertas llevan un pequeño símbolo o indicación a la altura de la posición de los testigos de desgaste de la banda de rodadura. Los neumáticos homologados de acuerdo con el Reglamento ECE nº 30 o la Directiva 92/23/CEE (LCEur 1992/1486) que equipan vehículos de turismo y sus remolques deberán tener indicadores de desgaste en, como mínimo, seis hileras transversales. Dichos indicadores de desgaste sirven para señalar que las ranuras principales de la banda de rodamiento han alcanzado la profundidad mínima de dibujo de 1,6 mm. La indicación del hombro que señala la posición de los indicadores es en muchos modelos TW1. Algunos fabricantes colocan un pequeño símbolo, como el logotipo de su marca, por ejemplo.

4.1.4 DEFECTOS Y ANOMALÍAS EN LAS RUEDAS

Una inspección visual puede determinar diversos defectos relativos a las ruedas y elementos de rodadura de los vehículos implicados. De forma general se puede detectar defectos en los ejes relativos a:

- ✓ Defectos de estado
- ✓ Fijaciones inadecuadas o deformadas
- ✓ Fijaciones con juego excesivo
- ✓ Juego excesivo en algún rodamiento de rueda

En las ruedas y neumáticos, mediante una inspección visual se pueden detectar defectos tales como:

- ✓ Tuercas o tornillos defectuosos, flojos o inexistentes
- ✓ Deformaciones o abolladuras

© ITES - Paraninfo

- ✓ Roturas
- ✓ Dimensiones y/o características no coincidentes con las incluidas en la homologación tipo del vehículo o con sus equivalentes
- ✓ Neumáticos de distinto tipo montados en el mismo eje
- ✓ Montaje incorrecto del neumático
- ✓ Profundidad de las ranuras principales de la banda de rodadura
- ✓ Incumplimiento de las prescripciones reglamentarias
- ✓ Reesculturado no autorizado
- ✓ Desgaste anormal en la banda de rodadura
- ✓ Ampollas, deformaciones anormales, roturas u otros signos que evidencien el despegue de alguna capa en los flancos o de la banda de rodadura
- ✓ Cables al descubierto, grietas o síntomas de rotura de la carcasa
- ✓ Incompatibilidad del neumático con la llanta
- ✓ Equipado con neumáticos de nieve inadecuados

De forma esquemática se muestran a continuación una ideas relativas a las posibles averías, defectos o problemas asociados a las ruedas neumáticas y las posibles causas de los mismos.

CÁMARAS

Los defectos o daños en las cámaras suelen tener como consecuencia el reventón o el pinchazo si no son detectados a tiempo. Las deficiencias pueden ser debidas a diferentes causas, como por ejemplo la rotura de la cara interior de la cubierta por roces o pellizcos. Otras causas de problemas pueden ser presiones de inflado insuficiente o sobrecargas. Además, aparecen problemas en caso de montajes incorrectos como:

- pellizcos de la cámara con el talón
- cámaras arrugadas cerca de la base de la válvula
- cámaras arrugadas por ser de dimensiones inapropiadas
- perforaciones por herramientas inadecuadas
- montaje defectuoso de protectores
- empleo de cubiertas envejecidas por el uso
- introducción de cuerpos extraños entre la cubierta y la cámara
- inflado de cámara incorrectamente

LESIONES EN LA CUBIERTA. CAUSAS

Las lesiones que presentan las cubiertas pueden ser debidas a factores intrínsecos, extrínsecos o a factores operativos.

Por ejemplo, la temperatura normal de funcionamiento puede oscilar 90-125ºC (temperatura de vulcanización 137ºC) pudiendo alcanzar con sobrecarga a elevada

© *ITES - Paraninfo*

velocidad y presión de inflado baja los 150ºC. Neumáticos especialmente sensibles al incremento de temperatura con la velocidad son los de utilización especial (M&S), si se mantienen un tiempo importante por encima de su velocidad límite se degradan, entre otras cosas, por la temperatura que alcanzan. La distribución de carga, si no es adecuada (sobrecargas en algún neumático) se hace trabajar el neumático en condiciones inadecuadas, con lo que puede generarse una gran cantidad de calor y se llegan a producir efectos no deseados, con la consiguiente disminución de la seguridad activa del vehículo.

En el caso de los frenos, un frenado desigual produce un roce excesivo en la cubierta que frena más.

A continuación, se recogen los diferentes tipos de lesiones que pueden aparecer en las cubiertas junto con las posibles causas de los mismos. En la escena del accidente es fundamental identificar el tipo de defecto para buscar las posibles causas del mismo en el entorno o en el vehículo, reflejándolo en la toma de datos.

Grietas en la banda de rodadura o en los costados

Presencia de pequeñas grietas superficiales, que pueden ser debidas a:

- Prolongada exposición a los rayos solares o por contacto prolongado con hidrocarburos (aceite, nafta, gasolina, gasoil)
- Pérdida de elasticidad debida al envejecimiento
- Almacenamiento en locales no adecuados
- Insuficiente presión de inflado

Separación o despegado de la banda de rodadura

Se produce cuando rompe la banda por la zona del cinturón o la carcasa, produciéndose la separación de la misma como se ve en la figura 4.11. Las posibles causas son:

- Funcionamiento prolongado en sobrecarga
- Insuficiente presión de inflado
- Utilización a velocidades elevadas (con recorridos excesivamente largos)
- Aceleraciones bruscas repetidas
- Acumulaciones humedad y cuerpos extraños en cortes o perforaciones de la banda que alcanzan las lonas de la carcasa o el cinturón
- Desgaste hasta las lonas

Desgaste de los flancos

Desgaste uniforme de los costados, pudiendo llegar a desaparecer las marcas de designación de la cubierta. Por tratarse de una zona del neumático especialmente "débil", por ser una pared delgada, puede llegar hasta las telas de la carcasa con facilidad, siendo una situación potencialmente peligrosa por la posibilidad de reventón o rotura. Esto puede ser debido a:

- Frotamiento contra los bordes de aceras o resaltes, en los neumáticos diagonales se puede comprobar desde el interior la rotura de las telas
- En el caso de ruedas gemelas puede ser debido al roce entre las cubiertas por un exceso de carga o una presión baja

© ITES - Paraninfo

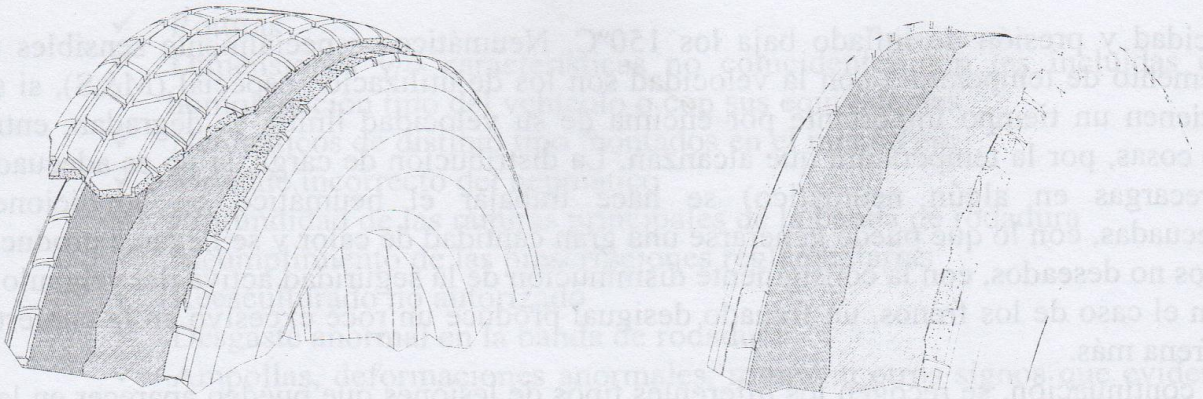


Figura 4.11 Separación o despegado de la banda de rodadura

Desgastes circunferenciales en los costados

Cuando aparece un desgaste localizado en una franja del flanco a lo largo de toda la circunferencia, como se indica en la figura 4.12. Puede ser debido a:

- Rozamiento de la banda de rodadura contra alguna parte de la carrocería
- Deslizamiento sobre objeto cortante
- Marcha sobre pistas en mal estado compuestas de sílice
- Rodaje sin aire o con muy poca presión

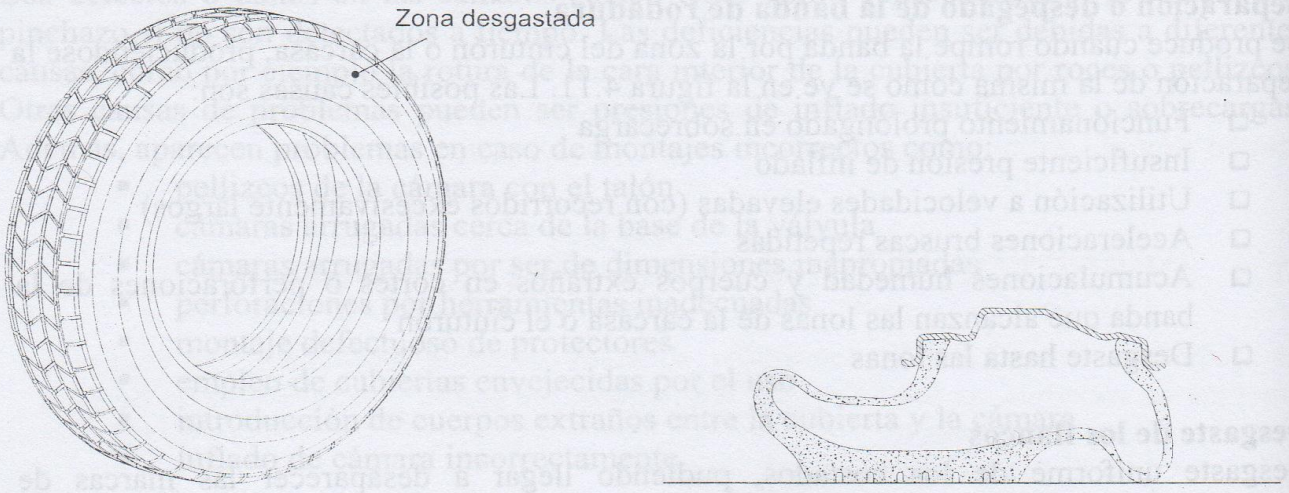


Figura 4.12 Desgastes circunferenciales

Deterioro de talones

Presencia de defecto en la zona de los talones, con pérdida de parte de la goma, generalmente, en zonas localizadas, pudiendo ser visibles las fibras de la carcasa o alambres del talón. Puede ser debido a:

© *ITES - Paraninfo*

- Presión insuficiente de inflado
- Carga excesiva
- Llantas deformadas, machacadas, rotas oxidadas o no adecuadas a las dimensiones del neumático
- Montaje incorrecto
- Freno bloqueado que provoca el recalentamiento de la llanta

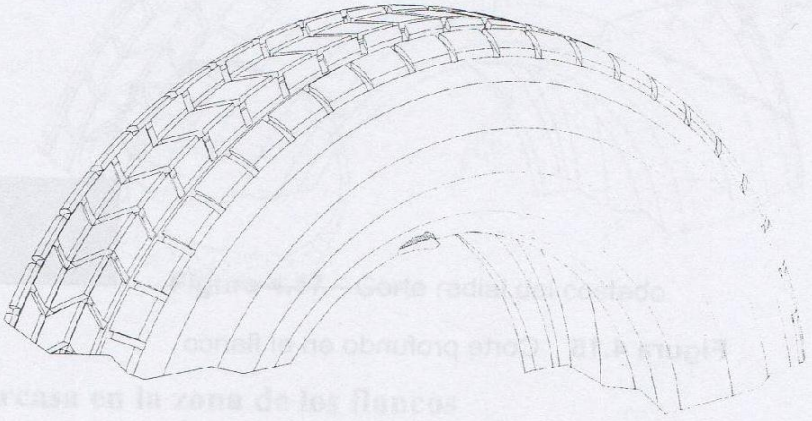


Figura 4.13 Deterioro del talón

Cortes incisivos o arañazos en los flancos

Cortes o "arañazos" localizados en determinadas zonas de los flancos que, generalmente, no alcanzan la zona de la carcasa. Pueden ser debidos a:

- Utilización de cadenas de nieve
- Roce con algún elemento del vehículo
- Utilización de sistemas de limpieza de alta presión
- Dependiendo del sistema de sujeción de la rueda de repuesto, puede ser debido al rozamiento con el mismo

Figura 4.14 Cortes incisivos o arañazos en los flancos

© ITES - Paraninfo

Corte profundo en el flanco

Corte profundo, con dirección generalmente circunferencial, que puede llegar a la zona de la carcasa, e incluso, producir su rotura. Puede ser debido:

- Choque o roce con objeto punzante
- Choque o roce contra elementos con aristas (bordillos, etc.)

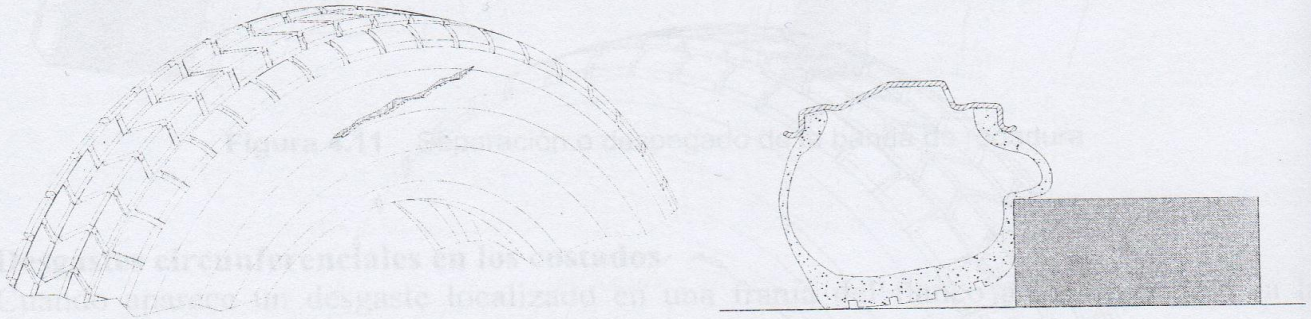


Figura 4.15 Corte profundo en el flanco

Rotura de costado de una rueda gemela

La presencia de algún objeto, como por ejemplo una piedra, entre las ruedas gemelas puede llegar a provocar la rotura del costado, llegando incluso a romper las lonas de la carcasa.

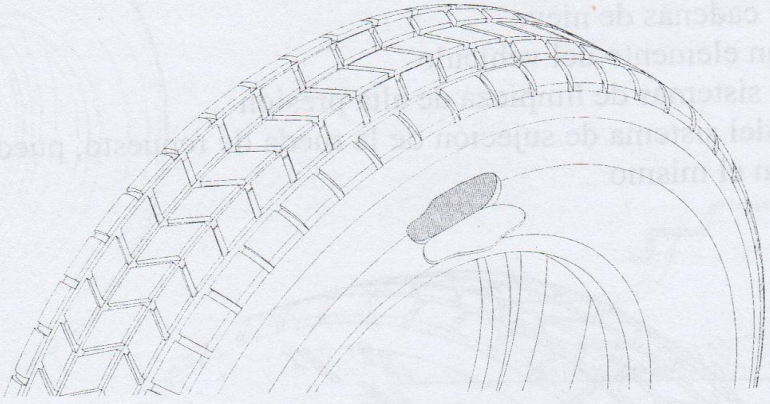


Figura 4.16 Rotura de costado de una rueda gemela

Corte radial del costado

Cuando se produce la rotura del flanco, con un sentido predominantemente radial, puede ser debido a:

- Circulación a presión baja

© *ITES - Paraninfo*

- Sobrecarga
- Corte o choque contra algún objeto

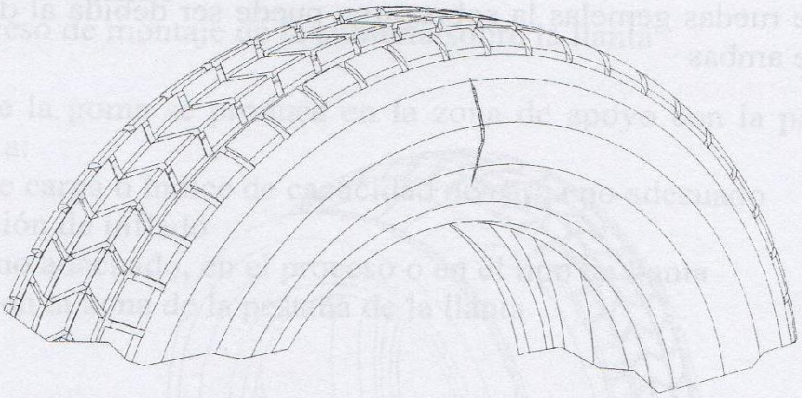


Figura 4.17 Corte radial del costado

Rotura de la carcasa en la zona de los flancos

Cuando se produce la rotura de la carcasa en la zona de los costados y no es debido al corte con ningún objeto, puede ser debido a:

- Circulación prolongada a una presión baja
- Circulación con sobrecarga o con índice de carga inferior al necesario
- En el caso de ruedas gemelas puede ser debido a una diferencia entre ambas

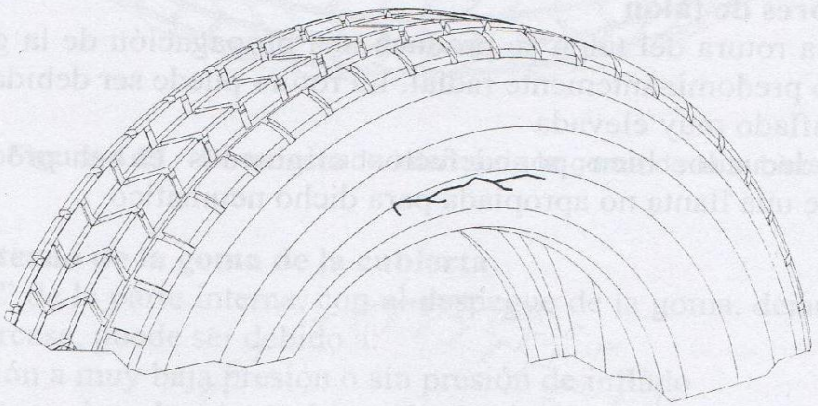


Figura 4.18 Rotura de la carcasa en la zona de los flancos

Rotura circunferencia del la carcasa en la zona de los flancos

Este tipo de rotura se produce por circular con una deformación excesiva de los flancos. Este tipo de defectos es más probable que se produzcan en vehículos industriales, semirremolques o vehículos con rueda gemela, ya que en estos casos es más difícil que el

© *ITES - Paraninfo*

conductor perciba durante la conducción que un neumático tiene una deformación excesiva. Entre las posibles causas, se pueden citar:

- Circulación sin presión en el neumático o con una presión excesivamente baja
- Sobrecarga excesiva
- En el caso de ruedas gemelas la sobrecarga puede ser debida al diferente tipo de cubierta entre ambas

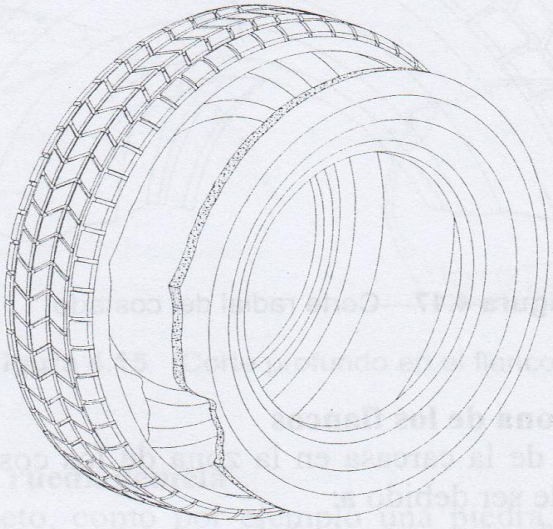


Figura 4.19 Rotura circunferencia del la carcasa en la zona de los flancos

Rotura de los alambres de talón

Cuando se produce la rotura del talón se produce una propagación de la grieta hacia los costados, con sentido predominantemente radial. La rotura puede ser debida a:

- Presión de inflado muy elevada
- Montaje inadecuado, bien por defectos originados en el proceso o por la utilización de una llanta no apropiada para dicho neumático

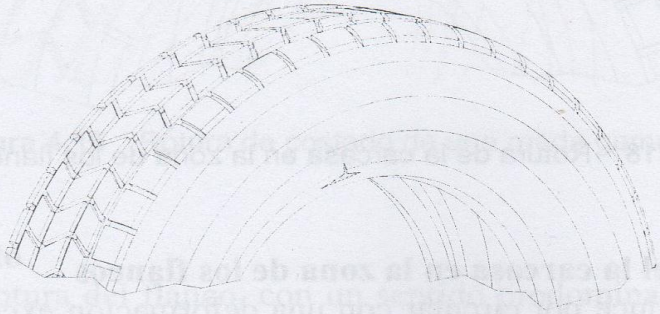


Figura 4.20 Rotura de los alambres de talón

© ITES - Paraninfo

Desgastes de la goma de talón en las zonas de apoyo con la llanta
El deterioro de la goma en la zona del asiento del talón de la llanta puede ser debido a:

- Llanta no adecuada para la cubierta
- Defectos en la llanta
- Mal proceso de montaje de la cubierta sobre la llanta

Si el deterioro de la goma se produce en la zona de apoyo con la pestaña de la llanta, puede ser debido a:

- Exceso de carga o índice de capacidad de carga no adecuado
- Baja presión de inflado
- Montaje no adecuado, en el proceso o en el tipo de llanta
- Defectos en la zona de la pestaña de la llanta

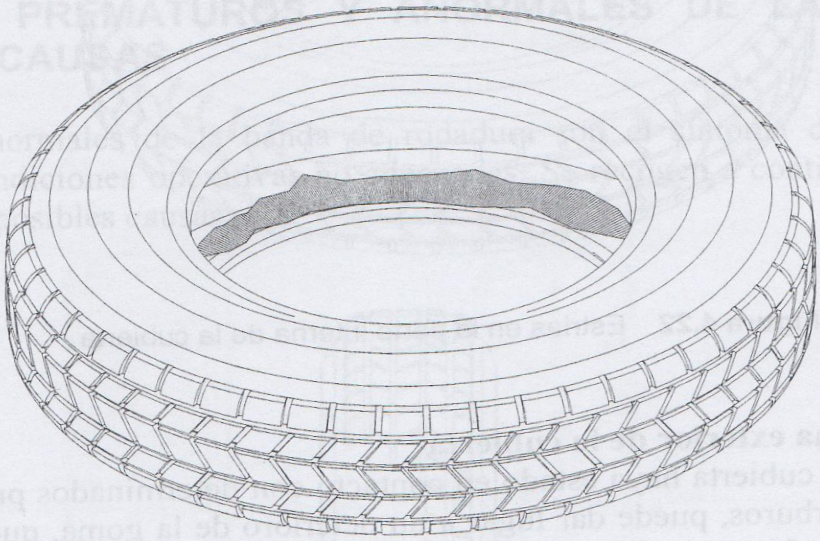


Figura 4.21 Desconchado interno de la goma de la cubierta

Desconchado interno de la goma de la cubierta
El "desconchado" de la parte interna, con el despegue de la goma, dejando al descubierto las lonas de la carcasa, puede ser debido a:

- Circulación a muy baja presión o sin presión de inflado
- Temperatura elevada por combinación de circulación a velocidad y carga elevada

Estrías en la parte interna de la cubierta
Al igual que en el caso anterior, cuando se circula con muy baja presión pueden aparecer en la parte interna de la cubierta unas marcas circunferenciales, sin llegara a la rotura de la goma.

© ITES - Paraninfo

Rotura interna de la carcasa

Un impacto del neumático contra un obstáculo, por ejemplo un bordillo o una piedra, en la parte de la banda de rodadura o en los costados puede producir la rotura interna de la carcasa o del cinturón, sin que aparezca ninguna grieta en la goma exterior. En este caso, generalmente se aprecia una deformación localizada en la zona de impacto. Si se circula con la cubierta en ese estado puede llegar a producirse la rotura completa, con la consecuente pérdida instantánea de la presión interna.

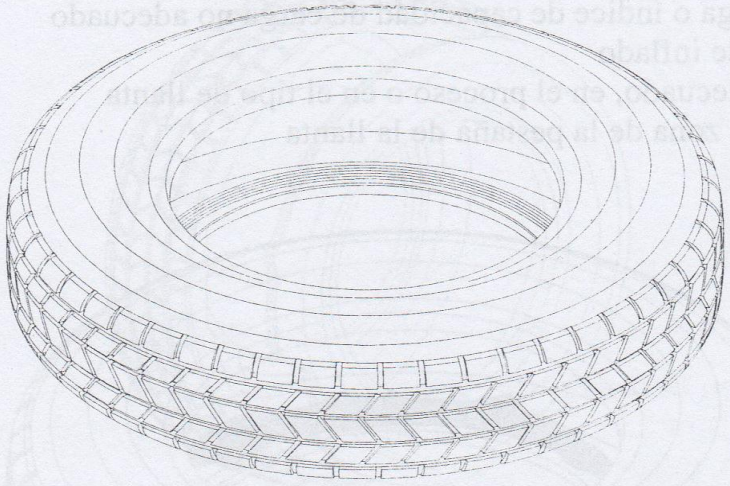


Figura 4.22 Estrías en la parte interna de la cubierta

Deterioro de la goma exterior de la cubierta

En el caso de que la cubierta haya estado en contacto con determinados productos, como por ejemplo hidrocarburos, puede dar lugar a un deterioro de la goma, que se manifiesta con la presencia de deformaciones, arrugas, zonas reblandecidas o pegajosas, etc.

Deformación de la cubierta

Cuando observando la cubierta, como se indica en la figura 4.23, se aprecia una deformación de la banda de rodadura, las causas pueden ser:

- Circulación prolongada con baja presión de inflado o con sobrecarga
- Categoría de velocidad o índice de capacidad de carga insuficientes
- Oxidación interna facilitada por la presencia de cortes en la banda de rodadura

Cortes en los canales de la banda de rodadura

Los cortes en los canales de la banda pueden alcanzar con facilidad las lonas del cinturón que, con el tiempo, derivan en la oxidación del mismo, en la pérdida de la presión, en el despegue de la banda, etc. Los cortes pueden ser debidos a:

- Choque o corte con objetos de la carretera
- Presencia de objetos introducidos entre los tacos

© *ITES - Paraninfo*

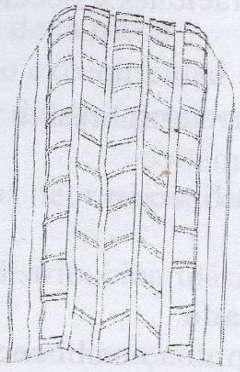


Figura 4.23 Deformación de la cubierta

DESGASTES PREMATUROS Y ANORMALES DE LA BANDA DE RODADURA. CAUSAS

Los desgastes anormales de la banda de rodadura son el síntoma de defectos en el vehículo o de condiciones operativas no adecuadas. Se recogen a continuación este tipo de defectos y las posibles causas.

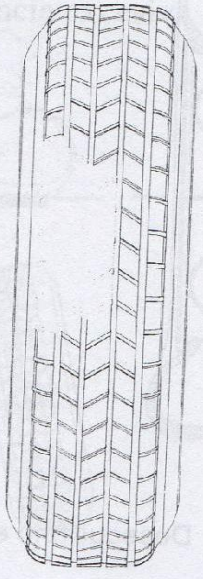


Figura 4.24 Desgaste localizado

Uniformes en toda su anchura

Cuando la duración de la banda de rodadura, en kilómetros recorridos, está por debajo de lo que es habitual para ese tipo de cubierta, puede ser debido a:

© ITES - Paraninfo

- Velocidades elevadas con aceleraciones y deceleraciones frecuentes
- Elevada temperatura exterior
- Recorridos en muchas curvas
- Revestimiento del piso de la carretera abrasivo y accidentado
- Dimensión insuficiente del neumático
- Neumático no apto al tipo de utilización
- Potencia excesiva del vehículo

En una zona o arco periférico localizado

Si se aprecia un desgaste localizado en una zona concreta de la banda de rodadura, esto puede deberse a:

- Neumático no centrado en la llanta
- Frenada con bloqueo de las ruedas a alta velocidad
- Neumático no reparado interiormente de forma adecuada
- Desequilibrio estático de la rueda
- Tornillos de fijación de la rueda no bloqueados
- Frenada irregular por ovalización del tambor de freno o defecto en el sistema. En este caso si hay huella de frenado suele ser discontinua, con zonas sin marca.

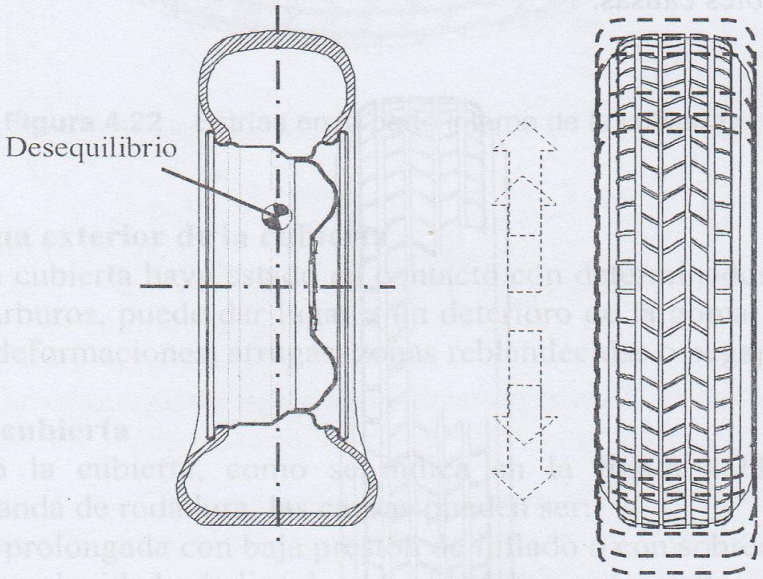


Figura 4.25 Desequilibrio estático

El desequilibrio surge como resultado de un reparto desigual de fuerzas, originadas al girar la rueda, con masas no uniformemente repartidas, lo que ocasiona un desgaste irregular. Causas:

- Distribución no uniforme de la masa respecto al eje de rotación
- Desequilibrio entre los elementos que constituyen la rueda, llanta, neumático

© *ITES - Paraninfo*

- Descentramiento lateral de la rueda
- Descentramiento radial o excentricidad de la rueda
- Deformaciones de la llanta provocadas por golpes, excesivo inflado o parcialmente desinflado
- Reparaciones defectuosas del neumático

El desequilibrio estático es una distribución másica desigual en relación al eje de rotación de la rueda.

El exceso o falta de peso se considera en un punto del plano medio del neumático. El centro de gravedad no coincide con el centro geométrico. Se producen golpes y fatiga de elementos mecánicos, desgaste irregular del neumático. La mayor amplitud de la vibración alrededor de 80 km/h.

En un lado de la banda en toda su circunferencia

Se aprecia un desgaste acentuado en uno de los lados de la banda de rodadura, con la posible presencia de rebabas en los tacos, generalmente de la parte central o la más próxima a la zona de desgaste acentuado. Es indicativo de un neumático que sufre un arrastre transversal motivado por:

- Paralelismo incorrecto entre los diferentes ejes
- Variaciones importantes de los ángulos de dirección por efecto de la marcha rápida en curva o de la carga
- Convergencia o divergencia excesiva

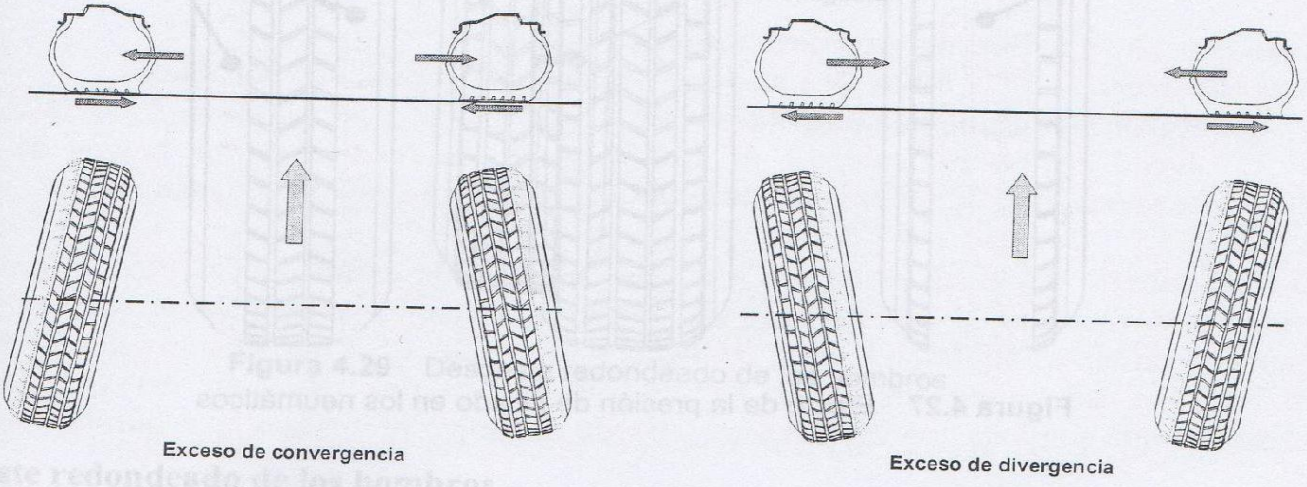


Figura 4.26 Efecto de la convergencia/divergencia

En caso de aparecer una falta de paralelismo (retranqueo) tanto en el caso de que los ejes no sean paralelos como si no son perpendiculares al eje longitudinal del vehículo aparece un deslizamiento lateral en el contacto con la calzada. Un movimiento aleatorio (bamboleo) produce desgastes puntuales y sus causas pueden ser varias. En caso de una

© ITES - Paraninfo

desalineación de las ruedas, se produce una variación de los ángulos de alineación de la suspensión y dirección, con los consiguientes problemas en el comportamiento dinámico del vehículo.

Con un exceso de convergencia se produce el desgaste de la parte exterior de la banda, mientras que con un exceso de divergencia el desgaste aparece en la parte interior.

En la zona media de la banda en toda su circunferencia

Cuando el desgaste de la banda se produce en la zona central de la banda de rodadura, puede se debido a:

- Presión excesiva con relación a la carga

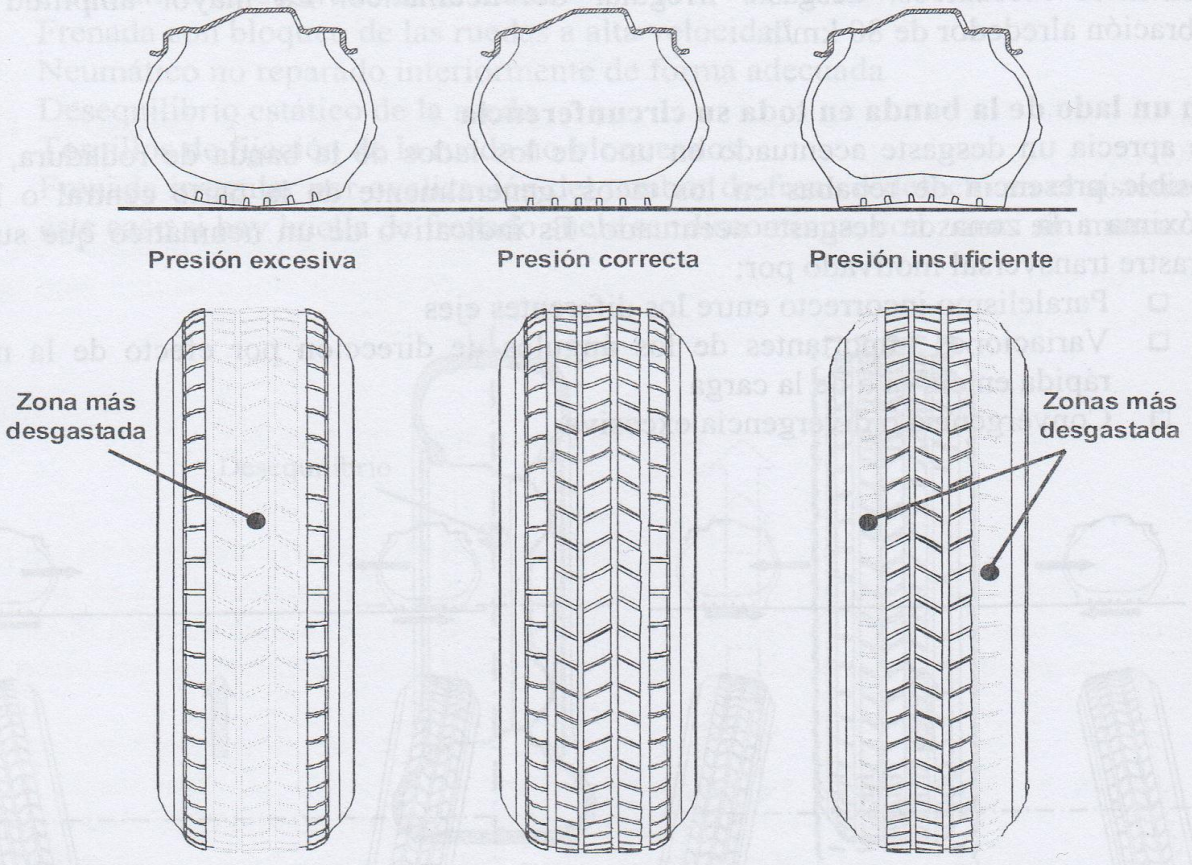


Figura 4.27 Efecto de la presión de inflado en los neumáticos

De un borde a otro progresivamente en toda la circunferencia

Cuando el desgaste se produce de un hombro a otro de forma uniforme sin presencia de rebabas en los tacos es debido a:

- Ángulo de caída excesivo. Algo que puede ser motivado por una compresión excesiva de la suspensión, un mal reglaje, una deformación permanente de los elementos de suspensión,...

© ITES - Paraninfo

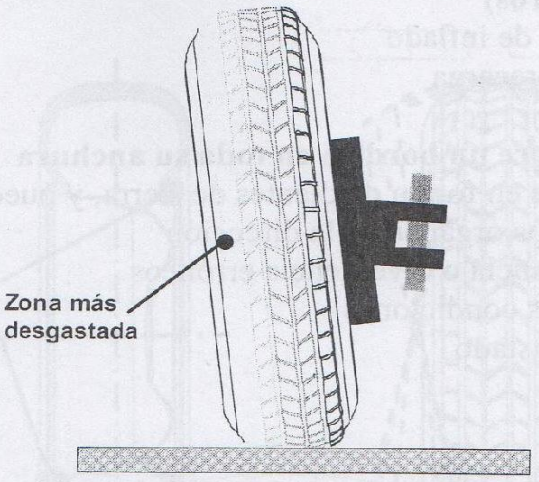


Figura 4.28 Efecto de la inclinación de la rueda sobre el desgaste de la cubierta (diferencia de radios de rodaje)

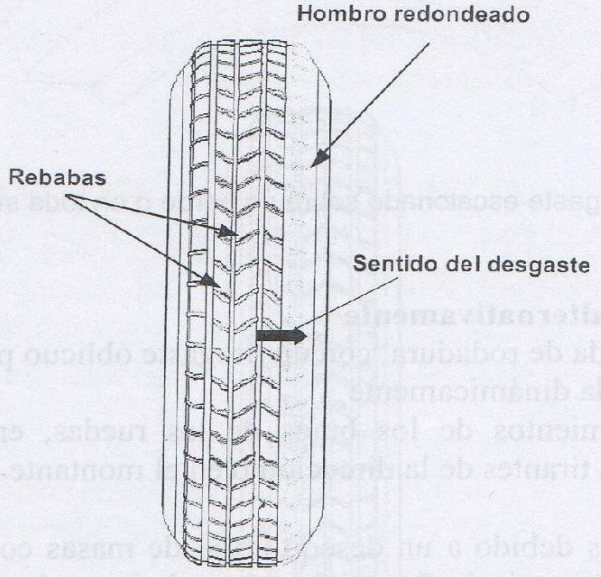


Figura 4.29 Desgaste redondeado de los hombros

Desgaste redondeado de los hombros

Se identifica por un desgaste de los hombros que da lugar a un redondeado, con sentido progresivo de dicho desgaste de la banda hacia el flanco. Además, pueden aparecer rebabas en los tacos de la banda y degradación de la goma por efecto de la temperatura (cambio de color entre otras evidencias). La causa es:

- Conducción "deportiva"
- Velocidad elevada en carreteras sinuosas

© ITES - Paraninfo

En ambos laterales (hombros)

- Insuficiente presión de inflado
- Circulación con sobrecarga

En escalones y rebabas sobre un borde o en toda su anchura

Se identifica por un desgaste en forma de dientes de sierra, y puede ser motivado por:

- Juego excesivo de los órganos de la dirección
- Valores de convergencia o divergencia erróneos
- Suspensión en malas condiciones
- Amortiguador desgastado

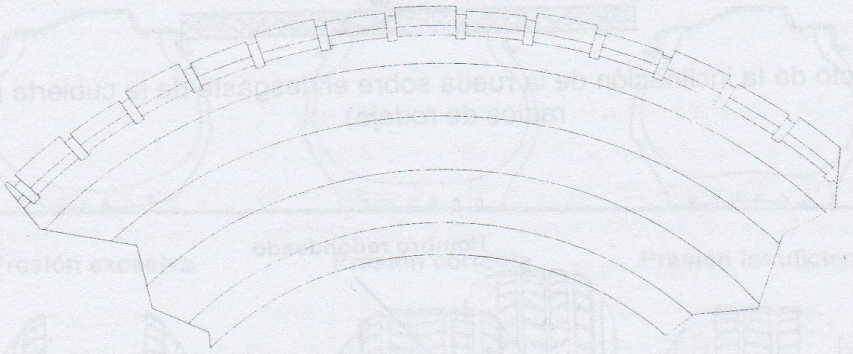


Figura 4.30 Desgaste escalonado sobre un borde o en toda su anchura

Lado derecho e izquierdo alternativamente

Desgaste irregular de la banda de rodadura, con un desgaste oblicuo por tramos.

- Rueda desequilibrada dinámicamente
- Juego en los rodamientos de los bujes de las ruedas, en los brazos de las suspensiones, en los tirantes de la dirección o en el montante de mangueta

El desequilibrio dinámico es debido a un desequilibrio de masas concentrado en puntos asimétricos respecto al eje vertical. Se produce movimiento basculante con lo que aparecen esfuerzos anormales sobre cojinetes y elementos de la suspensión y dirección y un desgaste del neumático en los bordes. Se detecta por vibración del volante de dirección, que aumenta con la velocidad y puede ocasionar problemas de seguridad.

Desgaste irregular en ruedas gemelas

Cuando una de las cubiertas se desgasta más rápido que su gemela puede ser debido a:

- Cubiertas diferentes
- Presión muy diferente

© *ITES - Paraninfo*

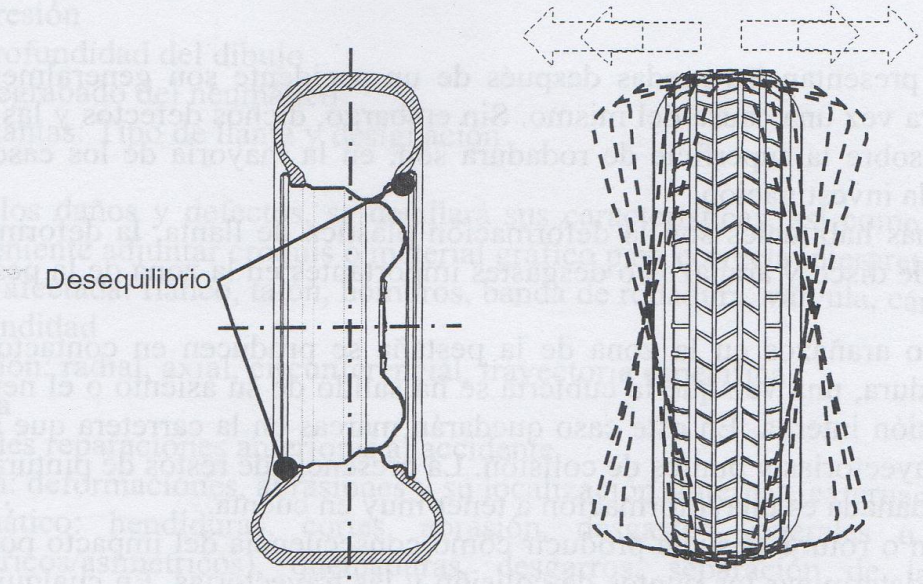


Figura 4.31 Desequilibrio dinámico

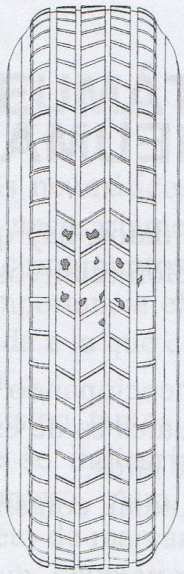


Figura 4.32 Desgaste con pérdida de material de los tacos de la banda

Desgaste con pérdida de material de los tacos de la banda

Se aprecia por el arranque de material en la parte central o en los bordes de los tacos. Puede ser debido a:

- Circulación intensa o patinaje en firmes de grava o piedra
- Maniobras a vehículo parado

© ITES - Paraninfo

LAS RUEDAS

Los defectos que presentan las ruedas después de un accidente son generalmente una consecuencia y rara vez una causa del mismo. Sin embargo, dichos defectos y las huellas que puedan dejar sobre la superficie de rodadura son, en la mayoría de los casos, muy útiles a la hora de la investigación.

Los defectos más habituales son la deformación plástica de llanta, la deformación y rotura de llanta o de disco y arañazos o desgastes importantes en la zona de la pestaña de la llanta.

Los desgastes o arañazos en la zona de la pestaña se producen en contacto con la superficie de rodadura, una vez que la cubierta se ha salido de su asiento o el neumático ha perdido su presión interna. En este caso quedarán marcas en la carretera que servirán para determinar trayectorias y puntos de colisión. La presencia de restos de pintura, barro, etc. sobre la zona dañada es una información a tener muy en cuenta.

La deformación o rotura se suele producir como consecuencia del impacto por lo que puede servir para determinar los puntos de colisión y las trayectorias. En cualquier caso, es necesario recoger con detalle el tipo de rotura o de deformación (incluyendo material fotográfico) para poder descartar que hayan podido ser una de las causas.

En la mayoría de los casos los defectos de las ruedas van acompañados de defectos en los neumáticos, sobremanera si el defecto que presenta la rueda es una deformación plástica o una rotura.

4.2 DATOS SOBRE NEUMÁTICOS Y RUEDAS

De forma general, en la fase de la toma de datos, hay que recopilar información sobre los diversos aspectos que se listan a continuación relativos a las ruedas neumáticas, llantas y neumáticos:

- Simple / gemela
- Marca, modelo de cada una o mencionando expresamente si son todas iguales. En caso de no ser las ruedas iguales es de especial interés anotar la contraseña de homologación de cada uno de ellos.
- Tipo de estructura: Diagonal / Radial, con/sin cámara (tubeless)
- Dimensiones
- Características funcionales (índice de capacidad de carga, categoría de velocidad)
- Fecha de fabricación
- Adaptación a utilización extraviaria (M+S)
- Estado general del neumático (Correcto, desinflado, desmontado, reventado)
- Rodadura: libre, obstaculizada, bloqueo
- Posición correcta de los neumáticos (indicación de sentido de giro o de parte exterior, rueda delantera o rueda trasera)

© *ITES - Paraninfo*

- Presión
- Profundidad del dibujo
- Regrabado del neumático
- Llantas: Tipo de llanta y designación

Referente a los daños y defectos, se detallará sus características, así como su posición, siendo conveniente adjuntar croquis o material gráfico para correcta interpretación:

- ✓ Zona afectada: flanco, talón, hombros, banda de rodadura, válvula, cámara
- ✓ Profundidad
- ✓ Posición: radial, axial, circunferencial, trayectoria específica
- ✓ Forma
- ✓ Posibles reparaciones anteriores al accidente
- ✓ Llanta: deformaciones, abrasiones y su localización (internas, externas, etc.)
- ✓ Neumático: hendiduras, cortes, abrasión, desgastes generales o localizados (simétricos/asimétricos), quemaduras, desgarros, separación de la banda de rodadura o de capas, rotura de talón o lonas interiores, desequilibrios (estáticos/dinámicos)
- ✓ Válvula, indicando su estado o posibles fugas (detección con solución jabonosa)

4.3 HUELLAS DE NEUMÁTICO

El estudio de las huellas dejadas por los neumáticos de los vehículos implicados en un accidente es un punto importante y no necesariamente fácil. De ellas se puede extraer información útil para la reconstrucción, como puntos de colisión, trayectorias pre y post-colisión, etc. Por tanto, es de especial importancia el reflejar en la toma de datos toda la información posible, identificando la rueda a la que corresponde cada huella, longitudes y trayectorias de las mismas, tipo de huella,...

Inicialmente se podría decir que existen tantos tipos de huellas como neumáticos intervinientes y accidentes, con lo que se indicaría que hay que analizar numerosos factores para realizar un estudio completo. Aun cuando cualquier clasificación es incompleta y a veces imprecisa, con objeto de marcar algunas líneas generales, dentro de las huellas posibles que puede dejar un neumático sobre una superficie se pueden distinguir varios grupos.

En función del estado de la superficie de rodadura:

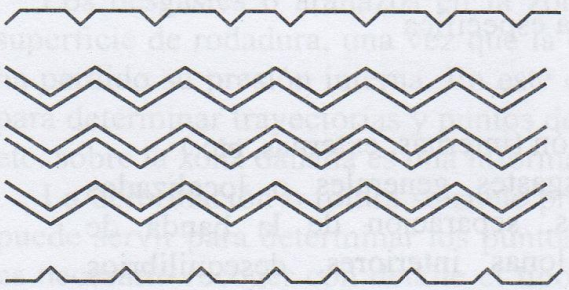
- Limpia y seca
- Con agua
- Con gravilla, arena, tierra, plantas,...
- Con restos y contaminantes previos al accidente (grasas, aceites, restos vegetales, animales, materiales pulverulentos, otros líquidos, etc.)

© ITES - Paraninfo

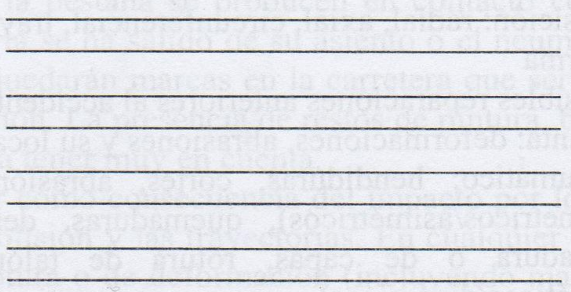
- Otros

En función del tipo de firme:

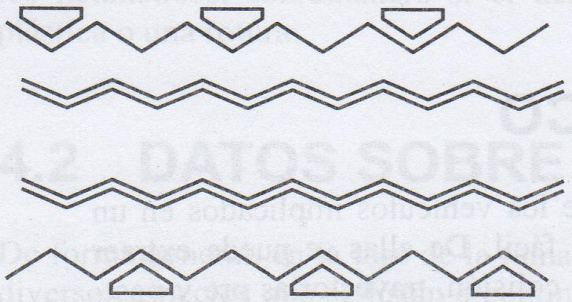
- Superficie dura: no se deforma plásticamente por el paso del vehículo.
- Superficie blanda: sufre deformaciones plásticas o permanentes apreciables por el paso de un vehículo.
- Superficies de dureza intermedia.



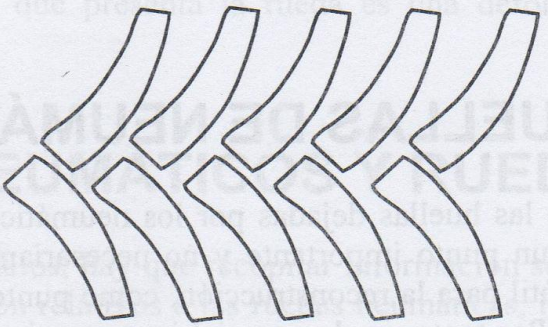
Dibujo antiderrapante debido a sus nervios en dientes de sierra; buen poder de tracción



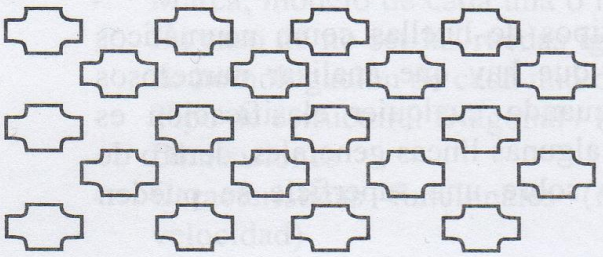
Direccionalidad, resistencia al avance mínima y muy bajo poder de tracción



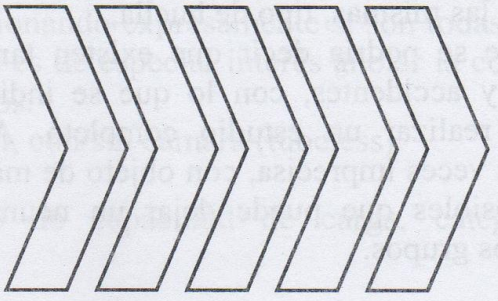
Dibujo mixto; buen agarre lateral gracias a los nervios en dientes de sierra y buen poder de tracción por los tacos en los hombros



Poder de tracción elevado



Gran capacidad de flotación



Buena capacidad de agarre, tracción y autolimpieza

Figura 4.33 Huellas de rodadura y características de los neumáticos que las generan

© *ITES - Paraninfo*

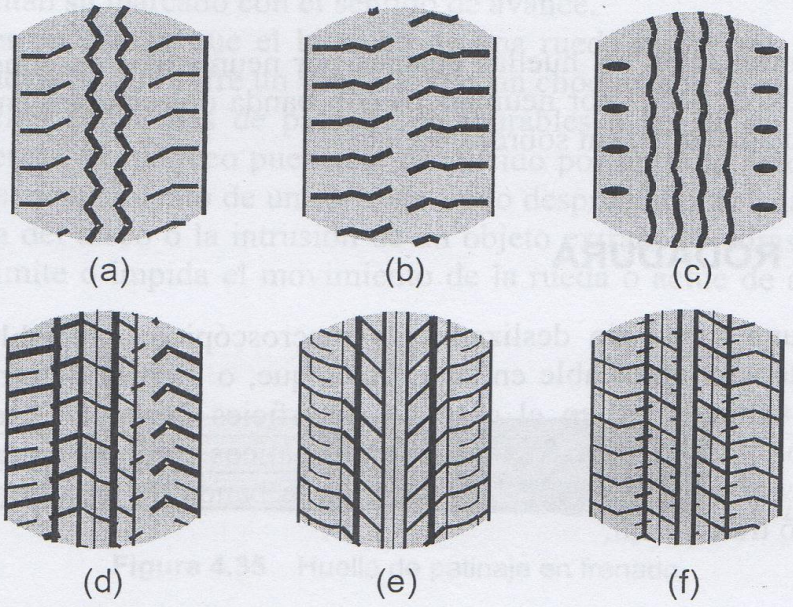


Figura 4.34 Tipos de dibujos de bandas de rodadura y/o huellas de rodadura

Antes de entrar a detallar las huellas dejadas por los neumáticos conviene recordar dos definiciones de la Real Academia de la Lengua Española:

> **Patinaje:** "Deslizarse o resbalar las ruedas de un carruaje de cualquier especie, sin rodar, o dar vueltas y sin avanzar, por falta de adherencia con el suelo o por defecto en el libre movimiento de las ruedas sobre los ejes."
>
> **Derrapar:** "Patinar un vehículo desviándose lateralmente de la dirección que llevaba."

Según esto, se empleará el término patinaje para identificar casos en los que se supera la adherencia máxima en una rueda sometida a esfuerzos fundamentalmente longitudinales, de tracción y de frenado.

En el caso de existir esfuerzos laterales, combinados o no con longitudinales, el movimiento relativo del neumático respecto a la superficie de rodadura tendrá una componente transversal o lateral. Este efecto se denominará derrape.

Cuando se examina la escena del accidente es importante diferenciar si las huellas presentes en la superficie de rodadura han sido producidas por un neumático en condiciones normales de funcionamiento (presión nominal, carga inferior a la máxima, etc.) o, por el contrario, son la impronta de un neumático con defectos, averiado o en malas condiciones de funcionamiento (sobrecarga, etc.).

© ITES - Paraninfo

4.3.1 TIPOS DE HUELLAS DE NEUMÁTICOS SIN DEFECTOS O AVERÍAS

Se analizan a continuación las huellas dejadas por neumáticos en condiciones normales de funcionamiento, es decir, por neumáticos con banda de rodadura en buen estado, con presión de inflado adecuada, sin sobrecarga, etc.

HUELLAS DE RODADURA

Producidas por una rueda sin deslizamiento macroscópico apreciable (figuras 4.33 y 4.34). Únicamente será apreciable en superficies que, o bien se deformen plásticamente por el paso del vehículo, o, en el caso de superficies duras, no presentan un estado superficial limpio, seco y uniforme, tanto los neumáticos como la superficie. En este tipo de huellas queda reflejado el dibujo y formas de la banda de rodadura, tanto en sentido longitudinal como transversal.

HUELLAS DE PATINAJE

Aquellas en las que aparece un deslizamiento apreciable a nivel macroscópico. Esencialmente son producidas por esfuerzos longitudinales y éstos son de tal magnitud que superan los valores máximos admisibles de adherencia. Pueden ser ocasionadas tanto por fuerzas de tracción como de frenada y presentan predominantemente marcas longitudinales. Se distinguen de las anteriores en que el dibujo de la banda de rodadura no es fácilmente apreciable. En cualquier caso, el diseño de la superficie de contacto con el suelo (banda de rodadura) y la dirección del deslizamiento afecta al aspecto final.

En situaciones de solicitaciones longitudinales importantes (tanto en tracción como en frenado), antes de que la huella de patinaje quede claramente marcada, suelen existir efectos de pérdida de adherencia. Esto quiere decir que, por ejemplo en frenada, el bloqueo de la rueda es anterior a la aparición de la huella, con lo que la distancia efectiva de bloqueo es mayor que la huella medida. Por tanto, hay que prestar atención, sobre todo en superficies que permitan adherencias elevadas, a rayas o marcas de fricción producidas por gravilla, piedrecillas u otros objetos, que pueden indicar con cierta precisión la zona donde se inició la maniobra de frenada severa.

Del mismo modo, si las acciones longitudinales son de tracción y éstas son realizadas por vehículos de potencia suficiente sobre firmes con elevada capacidad de adherencia, pueden aparecer restos de materiales lanzados en sentido contrario a la marcha. Estas huellas serán únicamente dejadas por ruedas motrices.

Por regla general, las huellas de tracción presentan una marca más visible en su inicio (cuando el vehículo acelera desde parado o con una baja velocidad), disminuyendo la intensidad de la huella a medida que el vehículo gana velocidad. Es habitual que

© *ITES - Paraninfo*

aparezcan más marcados los laterales del neumático, con dos líneas paralelas más visibles, en la parte final de una huella de aceleración. Por el contrario, las huellas de frenado incrementan su marcado con el sentido de avance.

Hay que tener en cuenta que el bloqueo de una rueda puede ser producido por las deformaciones elevadas que sufre un vehículo tras un choque, con lo que ese efecto puede inducir la aparición de huellas de patinaje equiparables a las de un freno sin sistema antibloqueo. Además, el bloqueo puede ser producido por un fallo mecánico o anomalía como puede ser el acuñamiento de un forro de freno desprendido de una zapata dentro de un tambor, rotura del disco o la intrusión de un objeto extraño (piedras, trozos de metal, madera,...) que limite o impida el movimiento de la rueda o actúe de algún modo sobre los frenos.

Figura 4.35 Huella de patinaje en frenado

Los neumáticos que dejan huellas de patinaje suelen presentar marcas en su banda de rodadura. Al tratarse de huellas dejadas en tracción o en frenado, sobre la banda de rodadura pueden aparecer estrías o arañazos longitudinales, incluso con pequeños restos de goma o con presencia de pequeñas piedras incrustadas. Cuando la superficie de rodadura tiene un firme muy abrasivo, por ejemplo hormigón, es más probable que aparezcan las marcas en la banda.

Figura 4.36 Huella de derrape en curva sin grandes solicitaciones (fuerzas) longitudinales (tracción/frenado)

HUELLAS DE DERRAPE

Aparecerán cuando sobre el neumático se aplica una combinación de fuerzas longitudinales (tracción y/o frenado) y transversales cuya resultante supera, en toda o parte de la huella de contacto de la rueda con el suelo, el valor máximo de adherencia

© ITES - Paraninfo

disponible. En esta huella tampoco se podrá apreciar con claridad el dibujo de la banda de rodadura. La anchura puede ser variable, y su registro y análisis puede ayudar a la investigación posterior, pues permite determinar la composición de movimientos existentes. Estas huellas pueden estar combinadas con importantes esfuerzos de tracción o frenado, como se muestra en las figuras 4.37 y 4.38. De hecho una huella puede empezar siendo de derrape (figura 4.39) y evolucionar a patinaje y a la inversa.

Al igual que en el caso del patinaje, sobre los neumáticos pueden aparecer marcas en su banda de rodadura, en este caso, con sentido transversal u oblicuo.

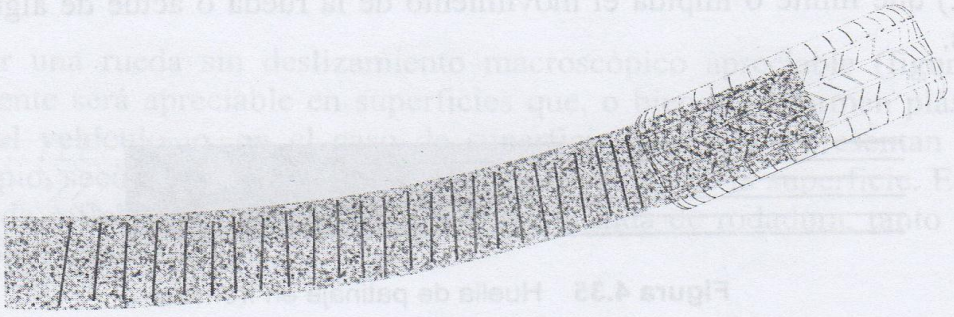


Figura 4.37 Huella de derrape en curva con fuerza de tracción elevada

Figura 4.38 Huella de derrape en curva con fuerza de frenado elevada

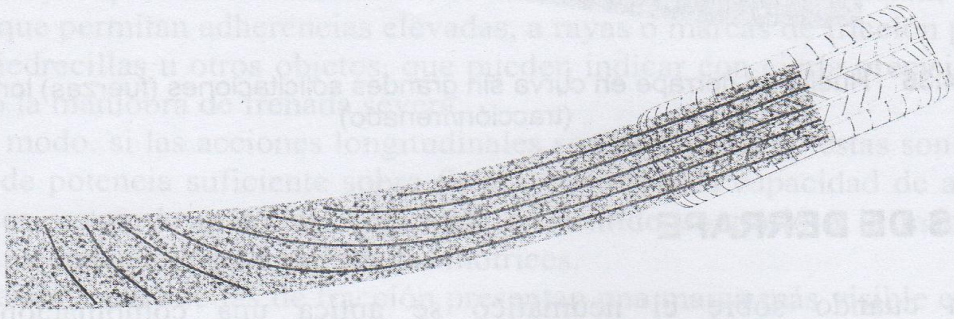


Figura 4.39 Huella de derrape en curva con fuerza de frenado incrementándose hasta llegar a un patinaje por bloqueo

© ITES - Paraninfo

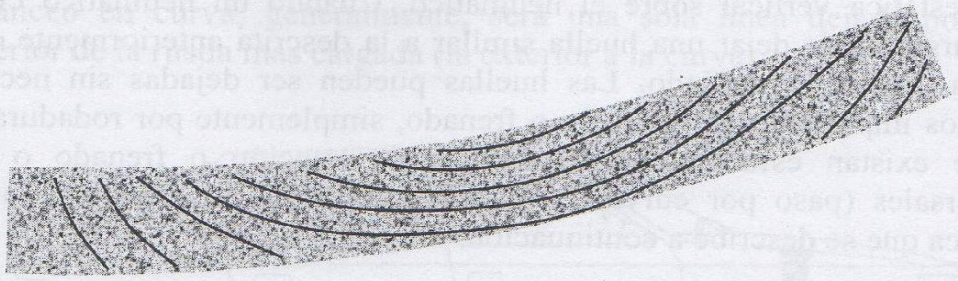


Figura 4.40 Huella debida a una inestabilidad direccional. Efecto trompo

4.3.2 HUELLAS NO UNIFORMES

Cuando en la escena de un accidente aparecen huellas de neumáticos no uniformes es importante constatarlo y tratar de identificar las causas. Así, por ejemplo, cuando los neumáticos presentan defectos o averías éstos pueden reflejarse en la huella dejada sobre la superficie de rodadura. Entre los diferentes factores que pueden modificar la impresión de las huellas del neumático destacan:

a) Presión de inflado. Un presión excesiva de inflado produce un abombamiento en la parte central de la zona de contacto, con lo que se incrementa localmente la carga en esa zona (figura 4.27). Esto producirá una huella más marcada en el interior que en los bordes. De manera opuesta, una presión insuficiente, o anormalmente baja, hace que los esfuerzos verticales (o normales a la superficie de rodadura) soportados por la rueda recaigan sobre los exteriores de la huella de contacto, por el efecto de la rigidez de la carcasa en flancos y hombros. En este segundo supuesto la huella presentará un mayor marcado en las zonas exteriores. Estos efectos se aprecian en las figuras 4.41 y 4.42.

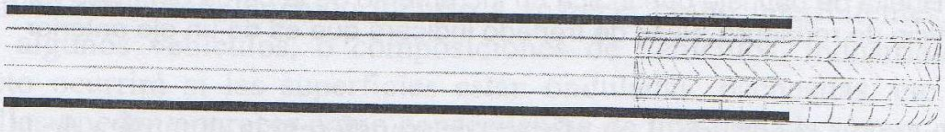


Figura 4.41 Huella más marcada en la parte exterior de la banda de rodadura. Efecto debido a una presión insuficiente

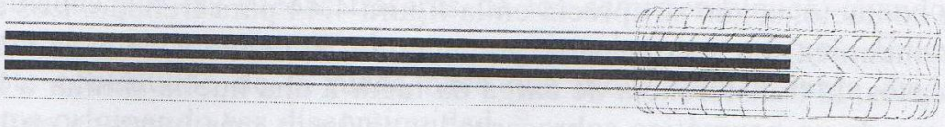


Figura 4.42 Huella más marcada en la parte interior de la banda de rodadura. Efecto debido a una presión excesiva

© ITES - Paraninfo

b) Carga estática vertical sobre el neumático. Cuando un neumático circula con sobrecarga puede dejar una huella similar a la descrita anteriormente en el caso de baja presión de inflado. Las huellas pueden ser dejadas sin necesidad de esfuerzos importantes de tracción o frenado, simplemente por rodadura. En caso de que existan esfuerzos longitudinales de tracción o frenado o esfuerzos transversales (paso por curva, etc.), a la sobrecarga se suma la transferencia dinámica que se describe a continuación.

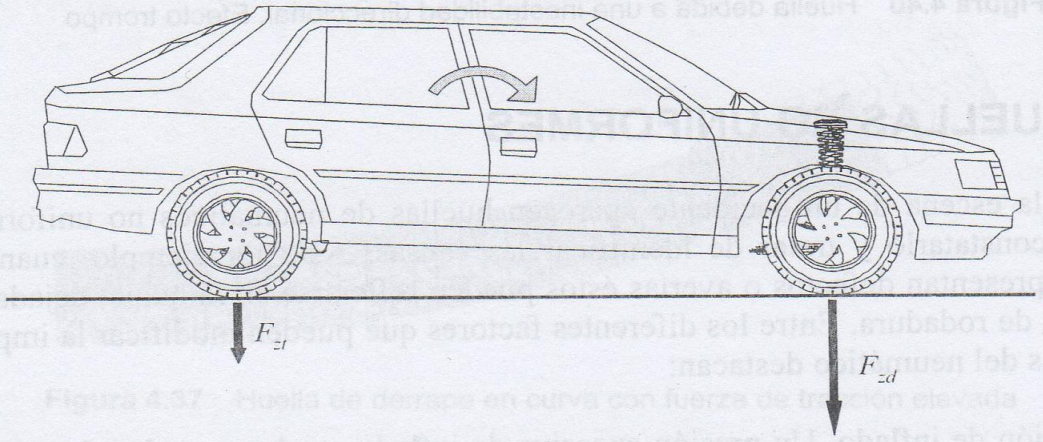


Figura 4.43 Transferencia de carga vertical entre los ejes de un vehículo en frenado

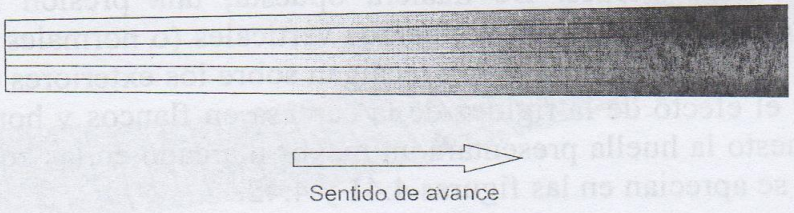


Figura 4.44 Huella de patinaje que indica un incremento de la carga dinámica normal a la superficie de rodadura. Si es de frenado indicará que es de un eje anterior

c) Carga dinámica soportada. Los efectos de transferencia dinámica de la carga que soporta la rueda pueden modificar el ancho y marcas de las huellas. Todos los efectos que supongan un incremento de la carga, como son las acciones derivadas del cabeceo y balanceo, deforman los neumáticos, incrementando el ancho de la huella de contacto, según se aprecia en la figura 4.44 para frenado. Los efectos de descarga dinámica son los opuestos, y pueden ser apreciados en la figura 4.46. En algunos casos, la transferencia de carga da lugar a una huella similar a la descrita para el caso de un neumático sobrecargado, es decir, más marcada en la zona de los hombros que en el centro de la banda. En este caso, cuando es una huella de frenado, generalmente, aparecen dos líneas paralelas en esa zona y si es por

© ITES - Paraninfo

balanceo en curva, generalmente, será una sola línea dejada por el hombro exterior de la rueda más cargada (la exterior a la curva).

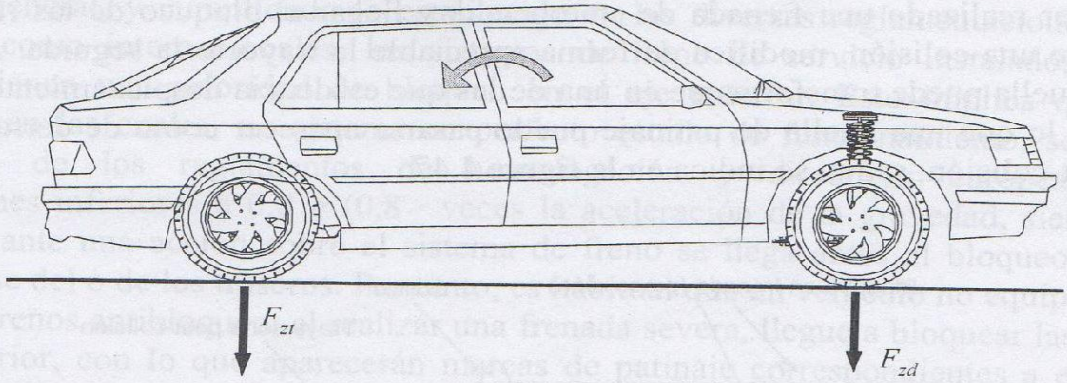


Figura 4.45 Transferencia de carga vertical entre los ejes de un vehículo en aceleración

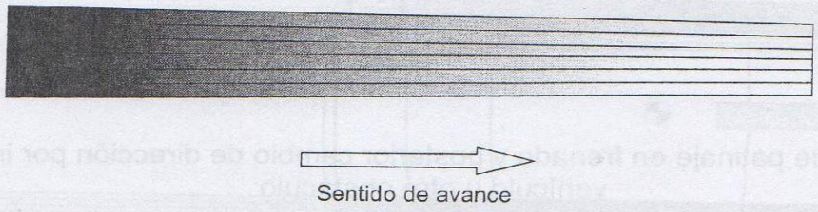


Figura 4.46 Huella de patinaje que indica un decremento de la carga dinámica normal a la superficie de rodadura. Si es de frenado indicará que es de un eje posterior

d) La suspensión o el estado de la superficie de rodadura pueden producir huellas intermitentes. Si por la configuración y estado de la suspensión, en el proceso de frenado el cabeceo es altamente inestable, puede ocurrir que las huellas sean también variables, llegando incluso a aparecer como intermitentes, como ocurre con algunos vehículos, o composiciones de vehículos, industriales. El mismo efecto ocurrirá si las superficies están onduladas, bacheadas, etc. Este tipo de huellas pueden aparecer como consecuencia de una frenada severa o simplemente en rodadura, influyendo en este último caso una superficie de rodadura irregular con una suspensión que no está en prefecto estado.

Como se mencionó anteriormente, las huellas discontinuas pueden ser originadas por las ruedas traseras de los semirremolques, cuando se frenan de forma severa con poca o ninguna carga sobre los mismos. En estos casos, el rebote continuado de la rueda hace que modifique la carga dinámica sobre la misma originando esa discontinuidad.

Pero las huellas discontinuas también pueden ser la consecuencia de un impacto. Por ejemplo, un vehículo que impacta con su parte frontal puede dejar una huella discontinua si las ruedas traseras están frenadas, al producirse una

© ITES - Paraninfo

descarga de las mismas. En este caso, la discontinuidad de huella puede utilizarse para determinar el punto de colisión.

e) Choques o impactos. Un vehículo que deja una huella, por ejemplo de patinaje, al haber realizado una frenada de emergencia y llegar al bloqueo de las ruedas, si sufre una colisión, modifica de forma apreciable la trayectoria seguida. Además, la huella puede transformarse en una de las que evidencia desplazamiento lateral, con lo que una huella de patinaje puede pasar a aparecer como de derrape en la post-colisión, según se indica en la figura 4.47.

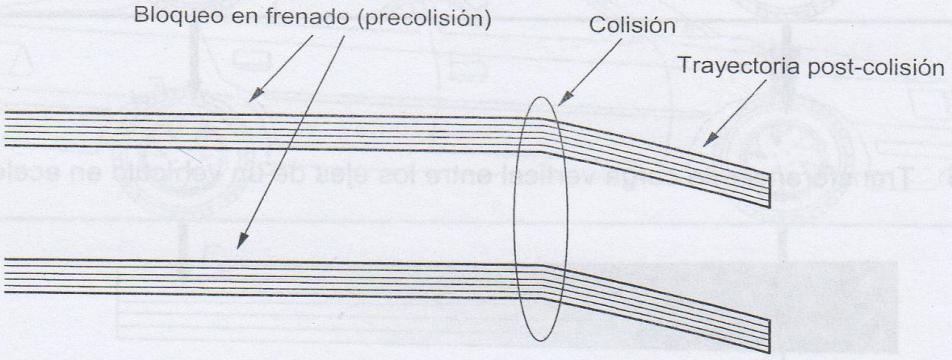


Figura 4.47 Huella de patinaje en frenado y posterior cambio de dirección por impacto contra otro vehículo u otro obstáculo

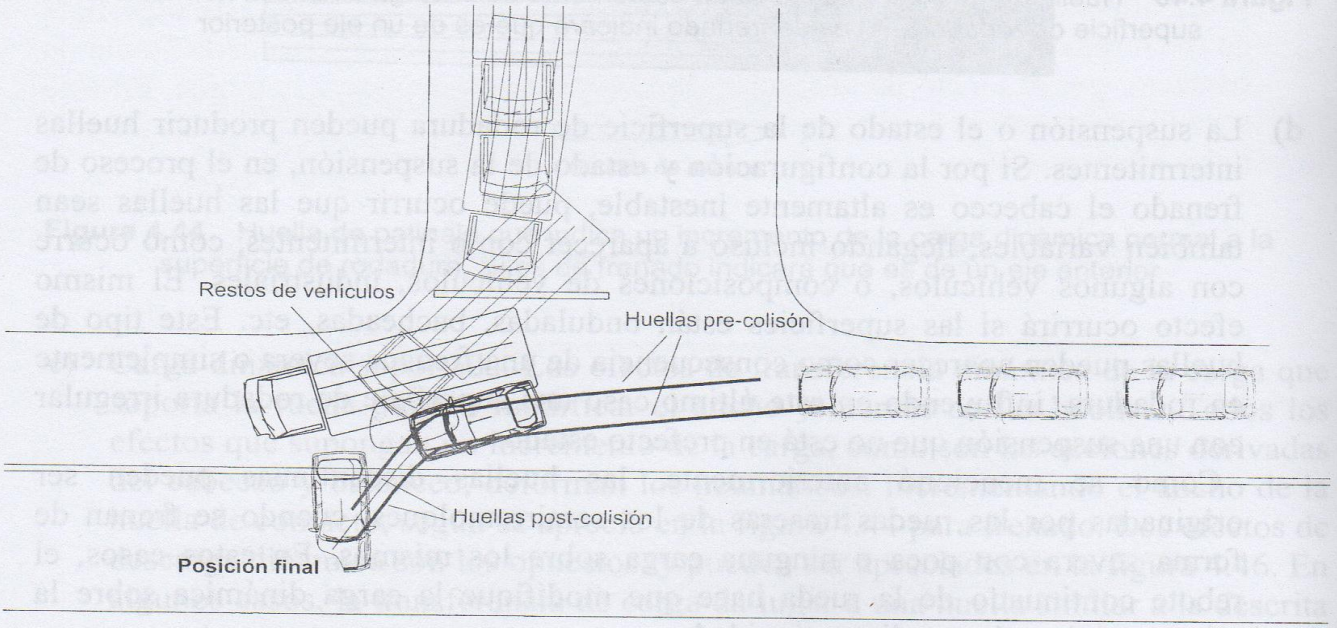


Figura 4.48 Huella de patinaje en frenado (pre-colisión) y posterior cambio de dirección (post-colisión) por impacto contra otro vehículo u otro obstáculo

© ITES - Paraninfo

4.3.3 INFLUENCIA DEL SISTEMA DE FRENOS EN LAS HUELLAS DE PATINAJE Y DERRAPE

De forma general, y cumpliendo lo establecido en las diversas reglamentaciones, tanto nacionales como internacionales, los sistemas de freno de servicio instalados en los vehículos tienen una prioridad de bloqueo en el eje anterior. Esto implica que para situaciones en las cuales, un sistema en perfecto estado de funcionamiento, según las condiciones de los reglamentos de homologación y directivas europeas, para deceleraciones inferiores a 0,8 g (0,8 · veces la aceleración de la gravedad, siendo g = 9,81 m/s^2), ante una acción sobre el sistema de freno se llega antes al bloqueo del eje delantero que del o de los traseros. Por tanto, es habitual que un vehículo no equipado con sistema de frenos antibloqueo, al realizar una frenada severa, llegue a bloquear las ruedas del eje anterior, con lo que aparecerán marcas de patinaje correspondientes a esas dos ruedas (figura 4.49).

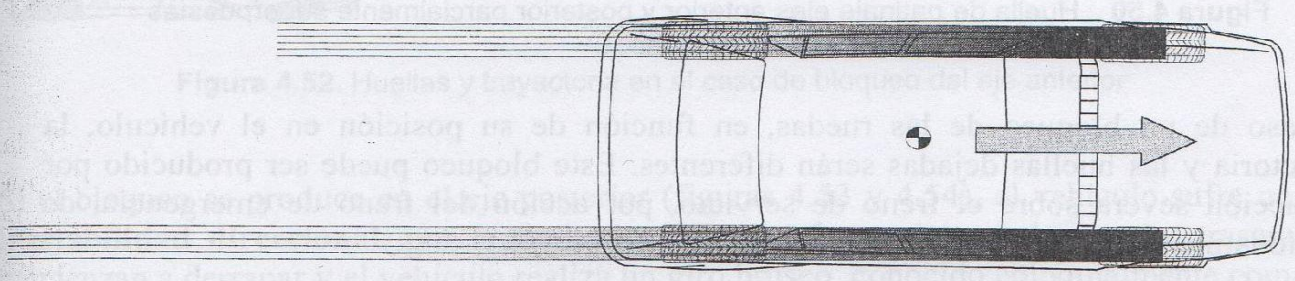


Figura 4.49 Huella de patinaje eje anterior

En función del sistema de frenos que lleve instalado el vehículo, puede ser que a partir de un bloqueo del eje delantero, si se sigue incrementado la presión sobre el sistema de frenos, se llegue a bloquear también el eje trasero, con lo que los cuatro neumáticos (en el caso de un vehículo de dos ejes) dejen huellas de patinaje, como se indica en la figura 4.50. Esta situación puede producir un solapamiento de las huellas, con lo que puede resultar complicado el llegar a apreciar de forma independiente la influencia de cada huella.

En muchas situaciones podrá apreciarse cómo las huellas no tienen la misma longitud. Esto puede deberse a diversos factores, entre los que pueden señalarse desequilibrios en el sistema de frenos, por los cuales una rueda frena sensiblemente más que la otra, diferencias apreciables en la carga soportada por cada rueda, tanto estática como dinámica, y variaciones en la superficie de rodadura. En general, si la frenada ha sido realizada en una superficie de adherencia no uniforme, las zonas de menor adherencia máxima son más proclives a producir huellas de patinaje, sobre todo en vehículos que no están equipados con frenos antibloqueo.

© ITES - Paraninfo

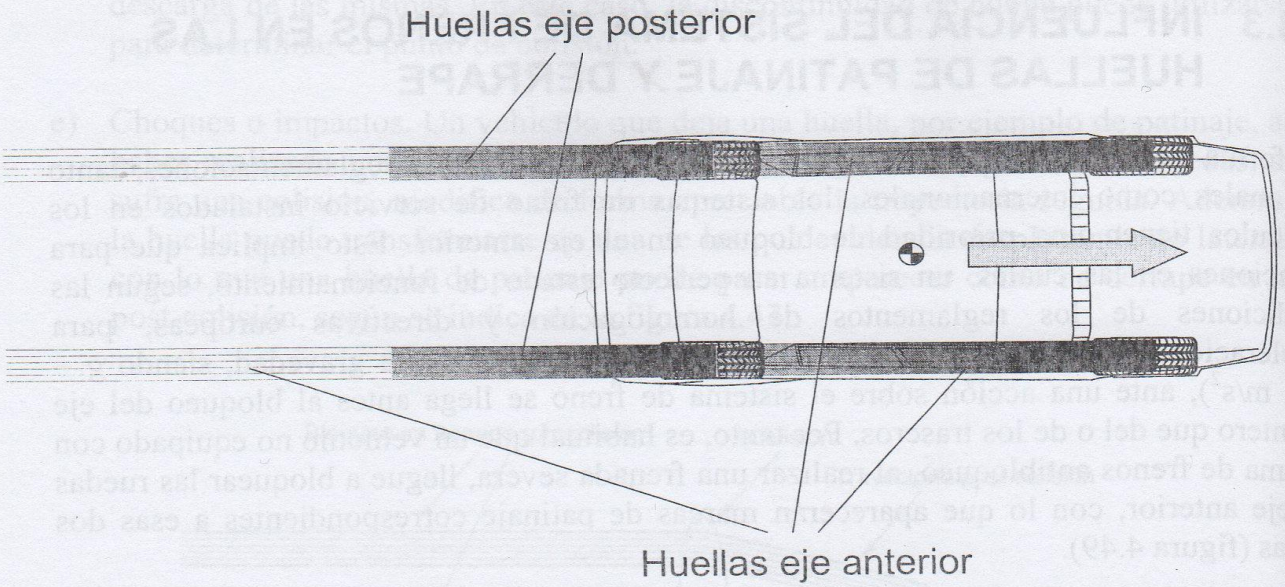


Figura 4.50 Huella de patinaje ejes anterior y posterior parcialmente superpuestas

En caso de un bloqueo de las ruedas, en función de su posición en el vehículo, la trayectoria y las huellas dejadas serán diferentes. Este bloqueo puede ser producido por una acción severa sobre el freno de servicio, por acción del freno de emergencia, de estacionamiento, por un fallo mecánico, etc.

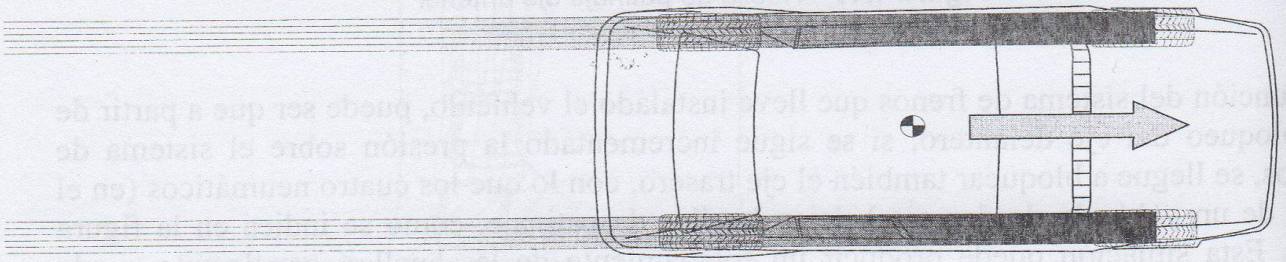


Figura 4.51 Huella de patinaje desiguales

Si se produce el bloqueo de las dos ruedas del eje delantero de un vehículo de cuatro ruedas, aparece el fenómeno conocido como **pérdida del control direccional**. En esta situación el vehículo no es controlable por la dirección y sigue una trayectoria más o menos recta, que no tiene porqué seguir el eje longitudinal medio del vehículo. Es decir, las ruedas delanteras patinan longitudinalmente y si existe una fuerza lateral apreciable (por ejemplo en un paso por curva) aparecerá un ángulo de deriva, como se aprecia en la figura 4.52.

© *ITES - Paraninfo*

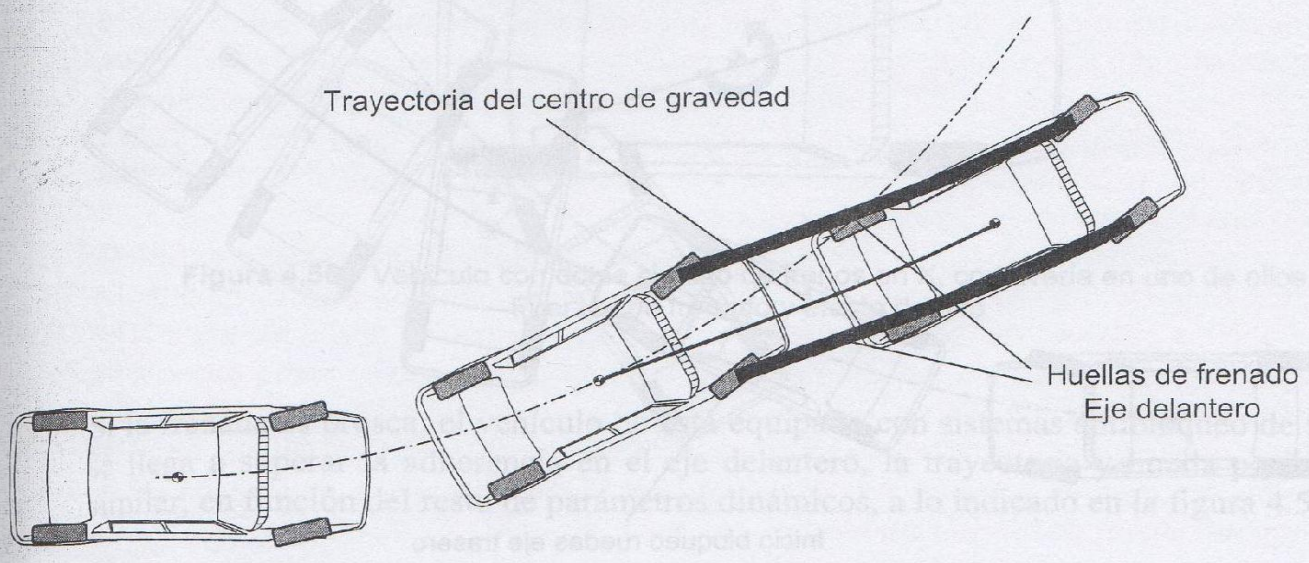


Figura 4.52. Huellas y trayectoria en el caso de bloqueo del eje anterior

Si el bloqueo se produce en el eje posterior (figuras 4.53 y 4.54), el vehículo sufre una **inestabilidad direccional**, por la cual, si existe una fuerza lateral, las ruedas traseras comienzan a derrapar y el vehículo realiza un giro brusco, conocido coloquialmente como "trompo".

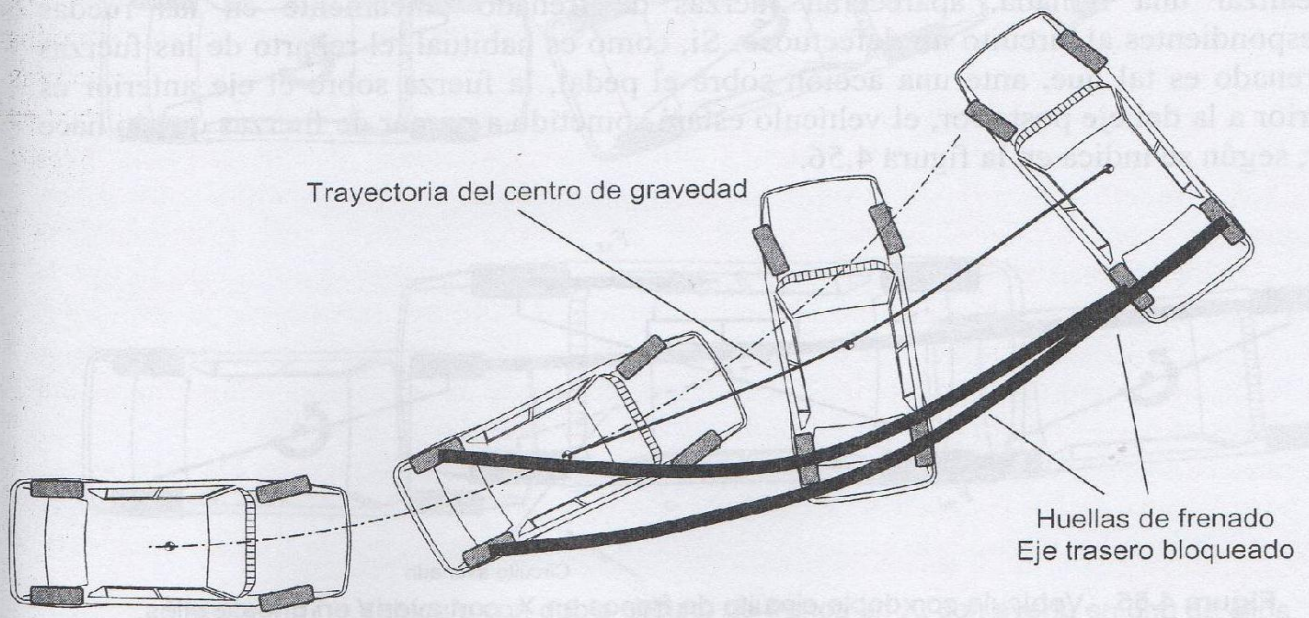


Figura 4.53 Trayectoria y huellas en el caso de bloqueo del eje posterior

© ITES - Paraninfo

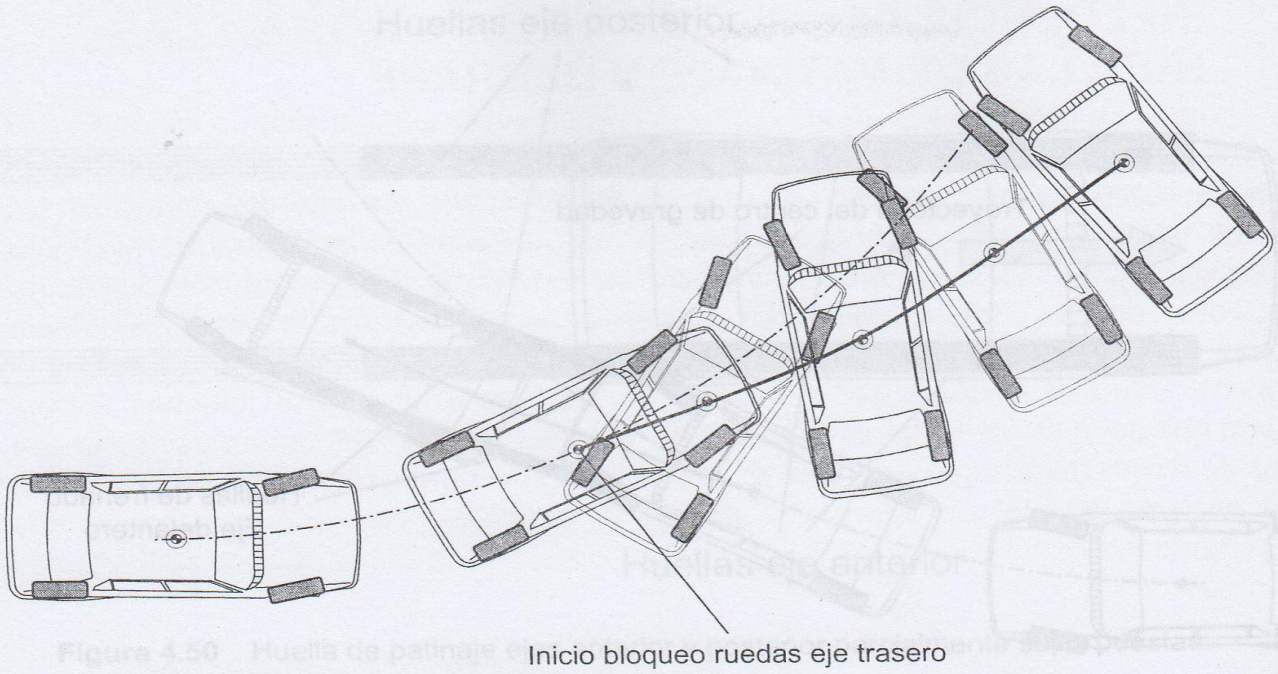


Figura 4.54 Trayectoria en el caso de bloqueo del eje posterior

El diseño de circuito de frenos también puede afectar a las huellas. En caso de frenadas asimétricas por diferencias o irregularidades en la superficie de rodadura, o por algún fallo en el sistema de frenos, conocer la configuración de los vehículos implicados puede ser útil. Si, por ejemplo, un vehículo de dos ejes está equipado con un sistema de frenos con disposición diagonal o en "X" y sufre una avería en uno de los circuitos (figura 4.55), al realizar una frenada, aparecerán fuerzas de frenado únicamente en las ruedas correspondientes al circuito no defectuoso. Si, como es habitual, el reparto de las fuerzas de frenado es tal que, ante una acción sobre el pedal, la fuerza sobre el eje anterior es superior a la del eje posterior, el vehículo estará sometido a un par de fuerzas que lo hace girar, según se indica en la figura 4.56.

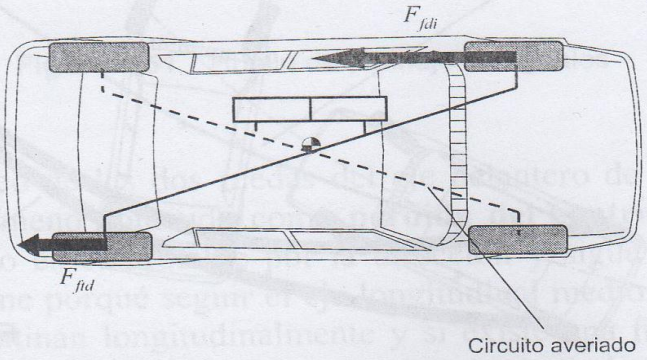


Figura 4.55 Vehículo con doble circuito de frenos en X, con avería en uno de ellos. Fuerzas de frenado

© ITES - Paraninfo

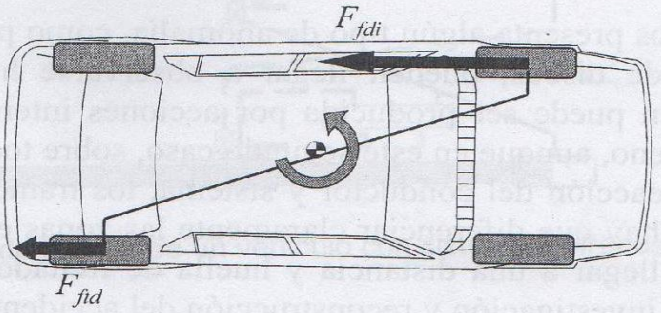


Figura 4.56 Vehículo con doble circuito de frenos en X, con avería en uno de ellos. Fuerzas de frenado y efecto de giro

Si la frenada es brusca, el vehículo no está equipado con sistemas antibloqueo de freno y se llega a superar la adherencia en el eje delantero, la trayectoria y huella posible será similar, en función del resto de parámetros dinámicos, a lo indicado en la figura 4.57.

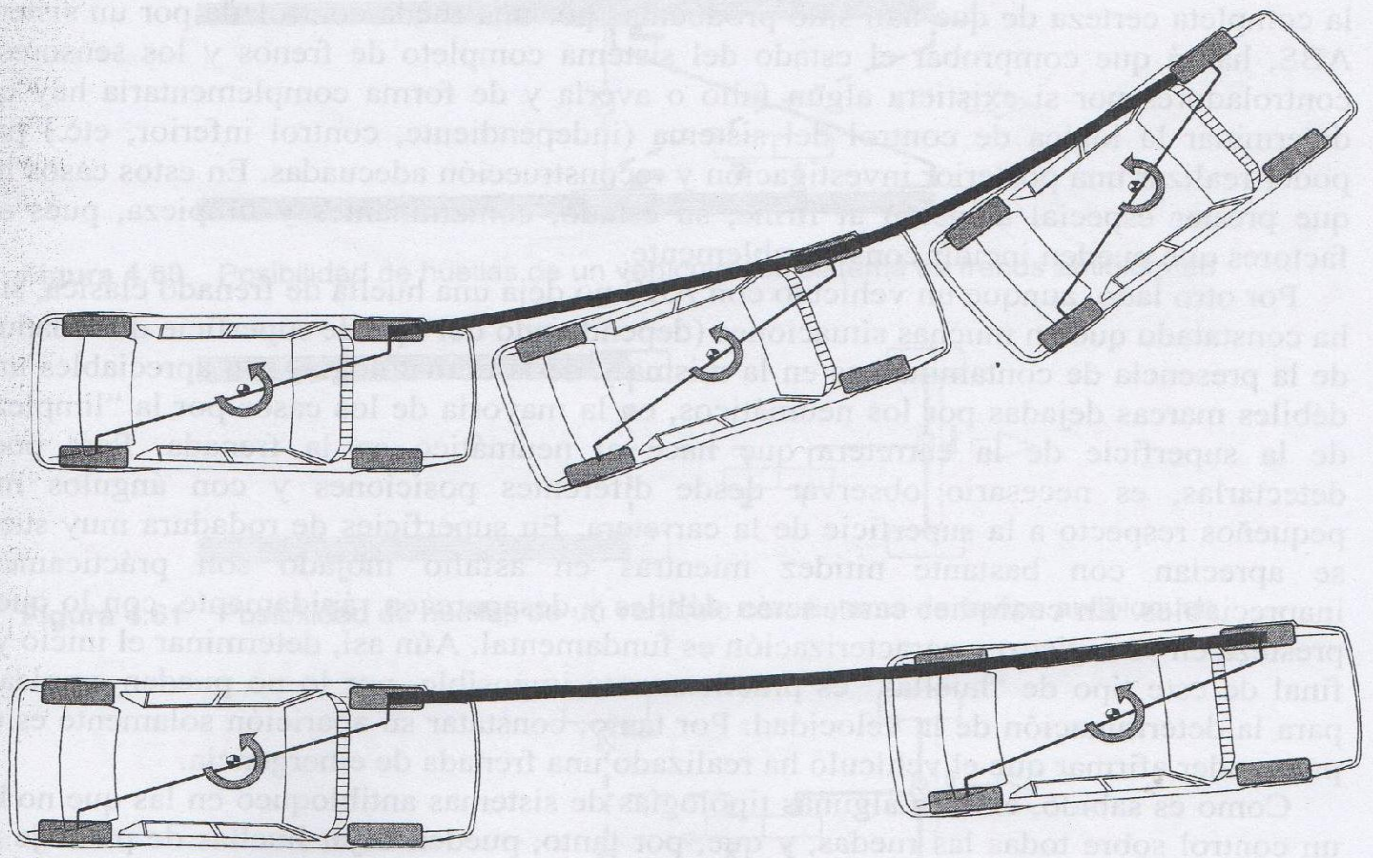


Figura 4.57 Vehículo con doble circuito de frenos en X, con avería en uno de ellos. Posibles trayectorias y huellas

© ITES - Paraninfo

Si el sistema de frenos presenta algún tipo de anomalía, como por ejemplo ovalización de tambores o alabeo de discos, pueden llegar a observarse huellas intermitentes. Esta intermitencia también puede ser producida por acciones intermitentes sobre el pedal o accionamiento del freno, aunque en este segundo caso, sobre todo a velocidades elevadas, y por el tiempo de reacción del conductor y sistema, los tramos intermitentes serán más largos. En este caso hay que diferenciar claramente las zonas en las que existe frenado y en las que no, para llegar a una distancia y huella de frenado equivalente, que permita realizar una correcta investigación y reconstrucción del accidente.

En la actualidad muchos vehículos llevan incorporados sistemas ABS o antibloqueo. En estos se suele afirmar que el vehículo no deja huella, aunque esto es matizable. Es cierto que los sistemas de frenos actuales, y los comercializados desde los años 80 y 90 del siglo XX, que controlen y actúen sobre el frenado de una rueda, harán que esa rueda no se bloquee en una frenada severa, con lo que no aparecerá la clásica huella de patinaje. También es cierto que el sistema antibloqueo no impide, aunque sí puede retardar, la aparición del derrape, con lo que una rueda no bloqueada puede dejar señales de su movimiento lateral de barrido sin bloqueo, es decir, girando.

En caso de que aparezcan huellas de bloqueo, generalmente intermitentes, y se tenga la completa certeza de que han sido producidas por una rueda controlada por un sistema ABS, habrá que comprobar el estado del sistema completo de frenos y los sensores y controladores por si existiera algún fallo o avería y de forma complementaria hay que determinar la lógica de control del sistema (independiente, control inferior, etc.) para poder realizar una posterior investigación y reconstrucción adecuadas. En estos casos hay que prestar especial atención al firme, su estado, contaminantes y limpieza, pues son factores que pueden incidir considerablemente.

Por otro lado, aunque un vehículo con ABS no deja una huella de frenado clásica, si se ha constatado que en muchas situaciones (dependiendo del tipo de superficie de rodadura, de la presencia de contaminantes en la misma y de la climatología) son apreciables unas débiles marcas dejadas por los neumáticos, en la mayoría de los casos por la "limpieza" de la superficie de la carretera que hace el neumático en la frenada. Para poder detectarlas, es necesario observar desde diferentes posiciones y con ángulos muy pequeños respecto a la superficie de la carretera. En superficies de rodadura muy sucias se aprecian con bastante nitidez mientras en asfalto mojado son prácticamente inapreciables. En cualquier caso, serán débiles y desaparecen rápidamente, con lo que la presteza en su registro y caracterización es fundamental. Aún así, determinar el inicio y el final de este tipo de "huellas" es prácticamente imposible, por lo no pueden emplearse para la determinación de la velocidad. Por tanto, constatar su aparición solamente es útil para poder afirmar que el vehículo ha realizado una frenada de emergencia.

Como es sabido, existen algunas tipologías de sistemas antibloqueo en las que no hay un control sobre todas las ruedas, y que, por tanto, pueden dejar huellas de patinaje por bloqueo en frenada, a modo de ejemplo se indican algunos casos en las figuras 4.58, 4.59, 4.60, 4.61 y 4.62.

© ITES - Paraninfo

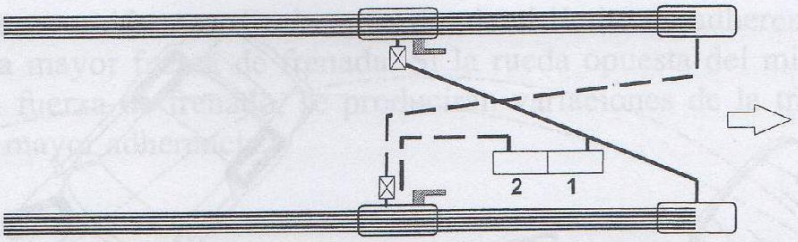


Figura 4.58 Posibilidad de huellas de un vehículo con sistema de frenos antibloqueo

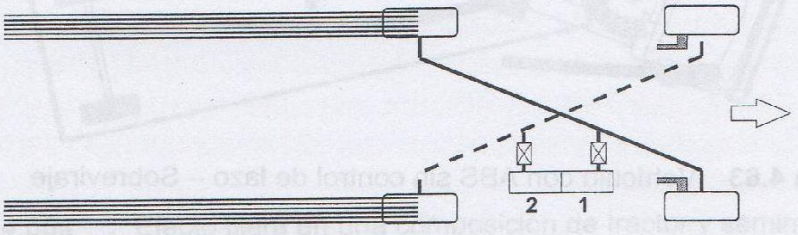


Figura 4.59 Posibilidad de huellas de un vehículo con sistema de frenos antibloqueo

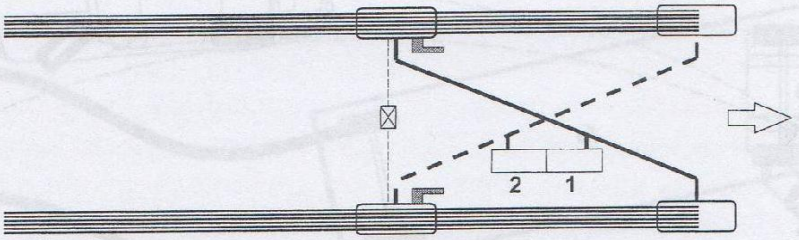


Figura 4.60 Posibilidad de huellas de un vehículo con sistema de frenos antibloqueo

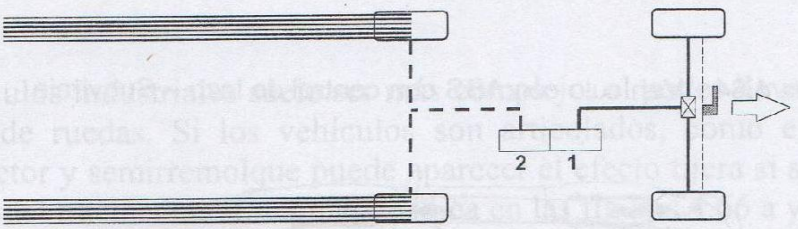


Figura 4.61 Posibilidad de huellas de un vehículo con sistema de frenos antibloqueo

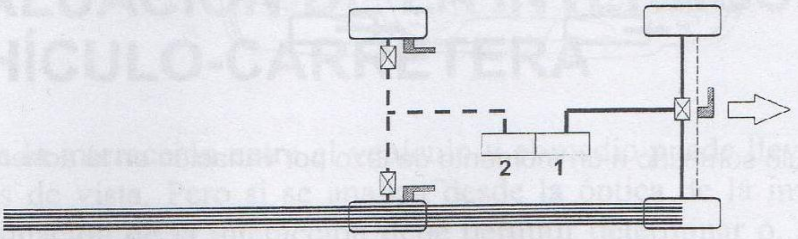


Figura 4.62 Posibilidad de huellas de un vehículo con sistema de frenos antibloqueo

© ITES - Paraninfo

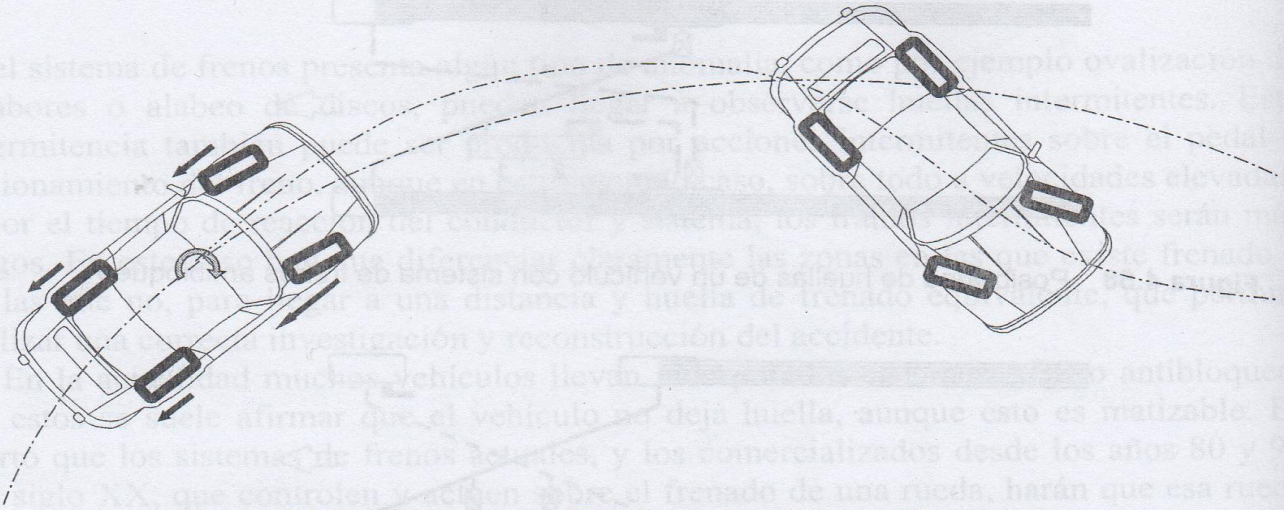


Figura 4.63 Vehículo con ABS sin control de lazo – Sobreviraje

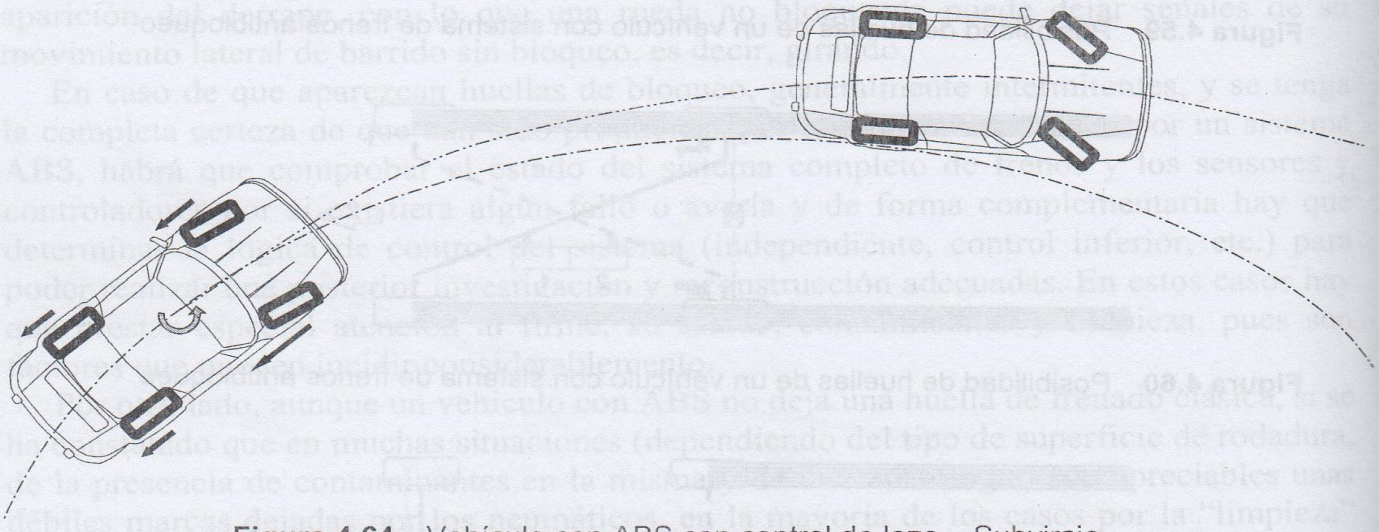


Figura 4.64 Vehículo con ABS con control de lazo – Subviraje

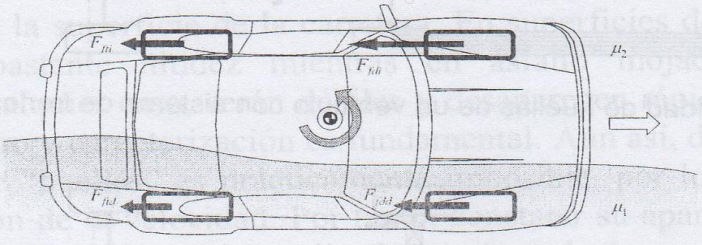


Figura 4.65 Vehículo sometido a un momento de lazo por variación en la adherencia ($\mu_1 < \mu_2$)

Un vehículo equipado con un sistema de frenos antibloqueo de cuatro canales, con control independiente, puede producir movimientos violentos en caso de frenadas severas

© ITES - Paraninfo

sobre superficies no uniformes. En la zona donde el límite de adherencia es superior se llega a tener una mayor fuerza de frenada. Si la rueda opuesta del mismo eje no puede desarrollar tanta fuerza de frenado, se producirán variaciones de la trayectoria, girando hacia la zona de mayor adherencia.

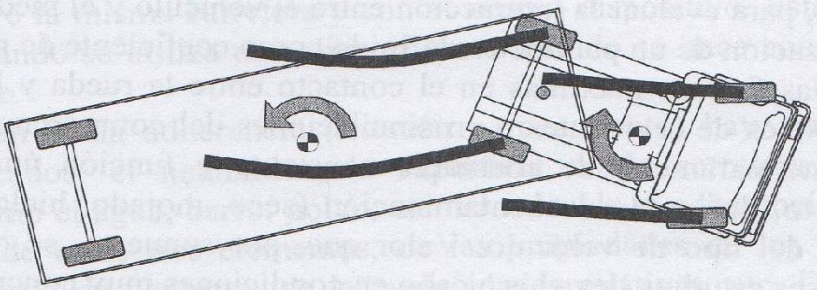


Figura 4.66a Efecto tijera en una composición de tractor y semirremolque. Derrape del eje posterior del tractocamión

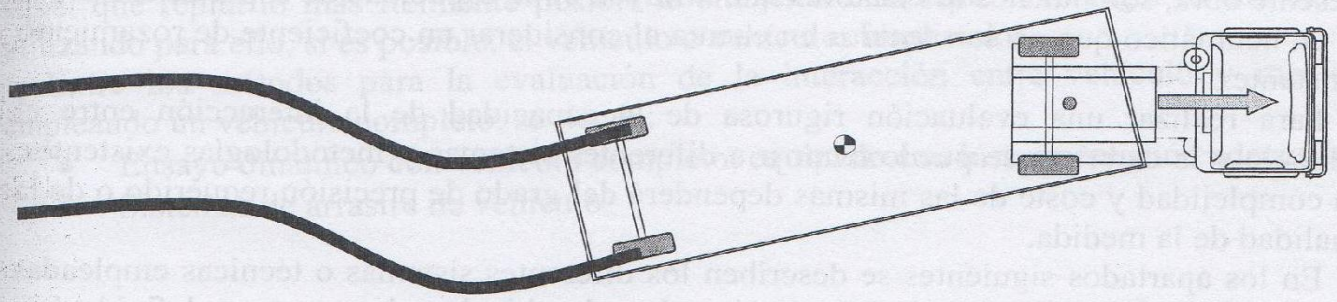


Figura 4.66b Pérdida del control direccional del semirremolque por derrape de su eje posterior

El caso de vehículos industriales suele ser más complejo, al poder llevar incorporadas un mayor número de ruedas. Si los vehículos son articulados, como es el caso de una composición tractor y semirremolque puede aparecer el efecto tijera si se llega al bloqueo del eje posterior del tractocamión, según se indica en las figuras 4.66 a y b.

4.4 EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN VEHÍCULO-CARRETERA

La evaluación de la interacción entre el vehículo y el medio puede llevarse a cabo desde diferentes puntos de vista. Pero si se analiza desde la óptica de la investigación de un accidente, la evaluación de la interacción debe permitir determinar o, al menos, evaluar los esfuerzos máximos que admite dicha interacción.

© ITES - Paraninfo

Una de las aplicaciones es el estudio de las capacidades de frenada, que pueden permitir la estimación de la velocidad al inicio de la misma en función, por ejemplo, de las huellas dejadas en la carretera. Otra aplicación es la determinación de la velocidad máxima de paso por una curva, por ejemplo, para estimar la velocidad de circulación antes de un derrape.

Tradicionalmente, para evaluar la interacción entre el vehículo y el medio se ha venido recurriendo a la utilización de un parámetro definido como coeficiente de rozamiento, que permite determinar las fuerzas máximas en el contacto entre la rueda y la carretera. En muchas reconstrucciones de accidentes o en simulaciones del comportamiento dinámico de los vehículos este parámetro se considera constante y función únicamente de la superficie de contacto, del grado de contaminación (seco, mojado, hielo, etc.) y, en el mejor de los casos, del tipo de vehículo. Valor que, por supuesto, se obtiene de unas tablas fruto de diversos estudios llevados a cabo en condiciones muy concretas.

Es evidente que la utilización de un coeficiente de rozamiento tabulado para estimar la capacidad de frenada o de paso por curva de un vehículo tiene sus limitaciones, considerándose únicamente una mera aproximación. Como se desprende de un estudio detallado del comportamiento dinámico neumático, que excede los objetivos de la presente obra, son muchos los factores que influyen en la capacidad de soportar esfuerzos de un neumático que no son tenidos en cuenta al considerar un coeficiente de rozamiento constante.

Para realizar una evaluación rigurosa de la capacidad de la interacción entre el vehículo y la carretera se puede recurrir a diferentes sistemas y metodologías existentes. La complejidad y coste de las mismas dependerá del grado de precisión requerido o de la finalidad de la medida.

En los apartados siguientes se describen los diferentes sistemas o técnicas empleadas para evaluar la capacidad de la interacción entre el vehículo y la carretera, definida ésta como la fuerza, la velocidad o la aceleración máxima capaz de desarrollar en sentido longitudinal y en sentido transversal. Las diferentes técnicas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Medición directa de la fuerza máxima en el contacto entre neumático y carretera
- Medición de la fuerza, aceleración o velocidad máxima de un vehículo completo

La medición directa de la fuerza de rozamiento se realiza con ruedas neumáticas completas o bien con parte de una cubierta. Así, los diferentes dispositivos y técnicas para medición de la adherencia existentes son:

- Sistemas para ensayo con rueda completa (para ensayos a velocidad):
  - Rueda bloqueada (100% de deslizamiento)
  - Deslizamiento constante (entre el 10 y 20%)
  - Deslizamiento variable (0 a 100% de deslizamiento)
  - De ángulo de deriva constante o de fuerza lateral (20º normalmente)
- Dispositivos para medición con parte de un neumático (para ensayos estáticos o a muy baja velocidad)

© ITES - Paraninfo

La adherencia, como capacidad de soportar esfuerzos, es un parámetro muy importante de la carretera que, desgraciadamente, es muy difícil de medir con precisión. Como se puede ver existen diferentes dispositivos, pero la magnitud que tratan de medir (la fuerza de fricción o rozamiento) es sensible a diferentes parámetros, difíciles de controlar. Por este motivo, es habitual que se obtengan diferencias superiores al 5% en dos medidas consecutivas sobre la misma carretera y con el mismo dispositivo. Esta diferencia puede incrementarse cuando se utiliza otro dispositivo o cuando se hace con una diferencia de tiempo importante.

En la medición de la adherencia (fricción o rozamiento) hay, con frecuencia, tres elementos implicados: el neumático, la superficie de la carretera y algún tipo de contaminante, como el agua, barro, polvo, etc. El valor de la adherencia medido depende en gran medida de estos tres elementos, de las propiedades de los materiales, de las presiones en la zona de contacto, de las velocidades relativas, etc. De ahí que existan diferencias importantes en los valores obtenido en ensayos diferentes, aun cuando han sido realizados en condiciones muy similares.

Por tanto, el procedimiento más adecuado para la medición de la adherencia o, simplemente, para la determinación de capacidad máxima de esfuerzos de un vehículo es aquel que repita lo más fielmente posible la situación en la que tuvo lugar la colisión, utilizando para ello, si es posible, el vehículo o vehículos implicados.

Entre los métodos para la evaluación de la interacción entre vehículo y medio empleando un vehículo completo, se tienen:

- Ensayo dinámico con vehículo completo, equipado con instrumentación adecuada
- Sistemas de arrastre de vehículo

4.4.1 SISTEMAS DE MEDICIÓN DIRECTA DE LA FUERZA EN EL CONTACTO ENTRE NEUMÁTICO Y CARRETERA PARA ENSAYO CON RUEDA COMPLETA

Estos sistemas evalúan el rozamiento de los firmes siguiendo procedimientos y neumáticos normalizados. Al utilizar un mismo neumático se elimina la variable de su influencia sobre el parámetro a medir, por lo que los valores de rozamiento que se obtienen sirven únicamente para comparar el comportamiento de diferentes firmes y no como una medida absoluta del mismo.

En la investigación de accidentes de tráfico, este tipo de dispositivos es adecuado para estudiar las zonas donde se produce un mayor número de siniestros y, así, poder comparar las características adherentes del firme con las de zonas donde no se producen. Determinadas administraciones los han utilizado, obteniendo una relación directa entre siniestralidad y adherencia. Sin embargo, su utilización para la obtención de una medida absoluta de la adherencia, de cara a emplearla en la investigación y reconstrucción de un

© ITES - Paraninfo

accidente en particular, se desaconseja, por no considerar la influencia del neumático y de las condiciones operativas propias del siniestro.

Si se quiere evaluar la adherencia de una carretera, para obtener un valor que permita la comparación con otras, es necesario mantener constantes todos los parámetros de influencia excepto, claro está, la superficie de la carretera. La superficie de la carretera normalmente se moja con una cantidad determinada de agua y se utiliza un neumático estándar. Neumáticos lisos como el especificado en la ASTM E524 (703 mm de diámetro) o el PIARC liso (646 mm de diámetro), neumáticos rayados o acanalados como el ASTM E501 y neumáticos con dibujo como el ASTM E1136 (648 mm de diámetro) son algunos de los que se utilizan.

Los valores de la adherencia son muy sensibles al tipo de neumático que se utiliza, siendo diferentes incluso para dos neumáticos de un mismo tipo que se hayan fabricado en diferentes lotes.

Siendo conscientes de las limitaciones de estos dispositivos, mediante ensayos estandarizados y como ya fue adelantado en la clasificación realizada en el apartado anterior, algunos sistemas son capaces de determinar el rozamiento máximo y otros varían el deslizamiento con el objeto de trabajar en torno al máximo rozamiento.

Los dispositivos de rueda bloqueada simulan las frenadas de emergencia sin ABS, los métodos de fuerza lateral miden la capacidad de mantener el control direccional y los sistemas de deslizamiento fijo y variable permiten simular el comportamiento en frenada de sistemas ABS.

De los diferentes tipos de categorías en los que se clasifican los sistemas, el más utilizado es el de rueda bloqueada (ASTM E-274).

Con los sistemas de rueda bloqueada, siguiendo determinados procedimientos, se calcula el número de fricción o de deslizamiento (*skid* o *friction number*). Midiendo las fuerzas verticales y horizontales de la rueda bloqueada, este factor se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$SN_V = \frac{F}{N} \cdot 100$$

Siendo F la fuerza de rozamiento, N la fuerza vertical y V la velocidad del ensayo.

DISPOSITIVOS DE RUEDA BLOQUEADA

Los dispositivos, más representativos, de rueda bloqueada que se utilizan a nivel mundial mundo son el Skid Resistance Trailer (EEUU de América), Stuttgarter Reinsungsmesser SRM (Alemania), LPC skid trailer adhera (Francia), Corbirt Trailer (Polonia), Kotuki (PIARC Hungría) o ASTM E274 trailer.

Entre las ventajas de estos sistemas destaca su precisión, la sencillez y seguridad del proceso de medida y su facilidad para el transporte (generalmente son remolques). Entre las desventajas de estos sistemas está el hecho de no proporcionar una medida continua.

© *ITES - Paraninfo*

En el proceso de medida se bloquea la rueda de forma alternativa, de manera que cuando no está bloqueada no se obtiene medida, pudiendo dejar sin medir en zonas de baja adherencia. Los remolques de medición de rueda bloqueada pueden presentar problemas cuando se realiza la medición en curvas.

DISPOSITIVOS DE ÁNGULO DE DERIVA CONSTANTE O DE FUERZA LATERAL

Los sistemas de medición de fuerza lateral fuerzan a la rueda a deslizarse con un determinado ángulo respecto a su dirección de avance (ángulo de deriva) mientras permiten que gire libremente. De esta manera se mide la fuerza lateral en un plano perpendicular al de rotación. La gran ventaja de estos dispositivos es que permiten una medición continua de la adherencia durante todo el ensayo. Su gran desventaja es que la velocidad real del giro que simula puede ser muy baja, debido a la combinación de la velocidad de arrastre con el ángulo. Los dispositivos para medición de la fuerza lateral existentes más representativos son Mu Meter (7,5°), Side-force Coefficient Road Inventory Machine (SCRIM), Stradograf (12°) y SUMMS (20°).

El sistema Side-force Coefficient Road Inventory Machine (SCRIM) fue desarrollada por TRRL en el Reino Unido en el año 1953. Consiste en un camión que dispone de una rueda de medición de tamaño especial entre ambos ejes. La rueda tiene un ángulo de deriva constante de 20°, girando libremente en los ensayos. La adherencia de la carretera se determina dividiendo la fuerza lateral que actúa sobre la rueda entre la carga. Este sistema se muestra más adecuado para medidas de adherencia repetitivas (rutinarias) que los métodos de rueda bloqueada. Normalmente los ensayos se realizan a 50 km/h.

DISPOSITIVOS DE DESLIZAMIENTO CONSTANTE

Los sistemas de deslizamiento fijo trabajan con valores comprendidos entre el 10 y el 20%, haciendo que la rueda gire a una velocidad angular inferior a la que tendría en rodadura libre, mediante un reductor, una cadena o un sistema de retardo hidráulico. Estos sistemas miden la adherencia a baja velocidad de forma continua durante todo el ensayo. Los dispositivos para medición existentes son el Skiddometer BV11-14 (Suiza) (17% de deslizamiento), Skiddometer BV8 (Suiza) (20% de deslizamiento), Stuttgarter Reinsungsmesser SRM (Alemania) (20% de deslizamiento), Saab Friction Tester (17% de deslizamiento), DWW trailer (86% de deslizamiento), Griptester (14,5% de deslizamiento) o T-10 Trailer System (12% de deslizamiento).

El Griptester es un dispositivo desarrollado por Findaly Irvine Ltd. Se usa, entre otros países, en el Reino Unido, como un complemento al SCRIM para las mediciones realizadas por la Administración.

© ITES - Paraninfo

La elección de dispositivos de deslizamiento constante se hace con el fin de obtener la máxima adherencia que se puede alcanzar en frenada, a la vez que se reduce el desgaste del neumático, si se compara con los ensayos a rueda bloqueada.

En los Países Bajos se utiliza un dispositivo con un 86% de deslizamiento, buscando una reducción del desgaste del neumáticos, de manera que se obtiene un valor de adherencia más próximo al dinámico que al máximo.

DISPOSITIVOS DE DESLIZAMIENTO VARIABLE

Los sistemas de deslizamiento variable realizan la medición entre dos determinados valores de deslizamiento, utilizando un motor hidráulico que actúa sobre la rueda de ensayo. La norma ASTM E1859 se ha desarrollado para este tipo de dispositivos. Los dispositivos para medición existentes son, entre otros Norsemeter (ROAR), Komatsu Skid Tester y Dagmar/Petra trailer.

ROAR es un dispositivo de medición desarrollado por Norsemeter (Noruega). Utiliza un neumático liso de un diámetro exterior de 410 mm (ASTM E1551), dispuesto sobre una unidad de tamaño reducido que incorpora los equipos necesarios para la medición, de manera que puede ser instalado en remolques o en cualquier vehículo. Con el ROAR se obtiene la curva completa adherencia-deslizamiento, en ensayos que pueden ser a velocidades comprendidas entre los 20 y 130 km/h.

4.4.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN DIRECTA DE LA FUERZA EN EL CONTACTO ENTRE NEUMÁTICO Y CARRETERA PARA ENSAYO CON PARTE DE UN NEUMÁTICO

Además de los dispositivos descritos, utilizados para la medición de la adherencia mediante ensayos en movimiento (dinámicos), existen dispositivos portátiles para la medición en ensayos "estáticos" (de baja velocidad) entre los que destacan el British Pendulum Tester (SRT pendulum tester), Dynamic Friction Tester (DFTester), SAFE Dragsled (Sample Accumulator for Friction Evaluation), VTI portable friction tester y los sistemas de arrastre de neumático

La gran desventaja de estos dispositivos es que sus resultados se ven afectados por la microtextura del pavimento.

El British Pendulum Tester (SRT pendulum tester) y el VTI portable friction tester son dispositivos que se usan para la medición de rozamiento en las marcas viales de señalización horizontal. En concreto, es el péndulo el dispositivo que recoge la norma EN 1436 para la realización de los ensayos. Con él se obtiene un valor SRT de la marca vial, que es la resistencia al deslizamiento que ofrece una superficie vial mojada, siguiendo el procedimiento que recoge la norma.

© *ITES - Paraninfo*

Los sistemas de arrastre de neumático son los más sencillos y económicos. Los componentes de los sistemas no son más que un trozo de neumático relleno, normalmente de cemento o gravilla, y de un dispositivo para medición del esfuerzo, un dinamómetro o una célula de carga. La medición del rozamiento se hace por la determinación de la fuerza de arrastre del trozo de neumático.

SIAT

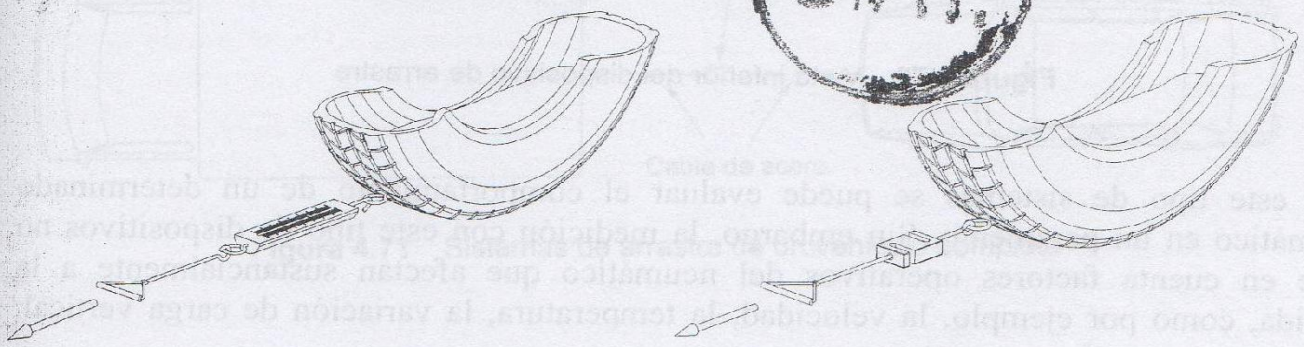


Figura 4.67 Sistemas de arrastre de parte de un neumático con un sensor tipo dinamómetro o con célula de carga

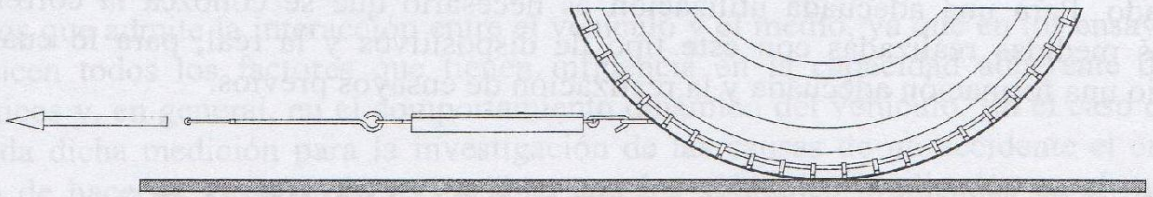


Figura 4.68 Ejemplo de arrastre con un sensor tipo dinamómetro

Otros sistemas de arrastre de neumático solamente utilizan un trozo de la banda de rodadura que se fija a una masa de una magnitud determinada (figura 4.69 y 4.70). La fuerza de arrastre se determina, también, por medio de un dinamómetro o de una célula de carga.

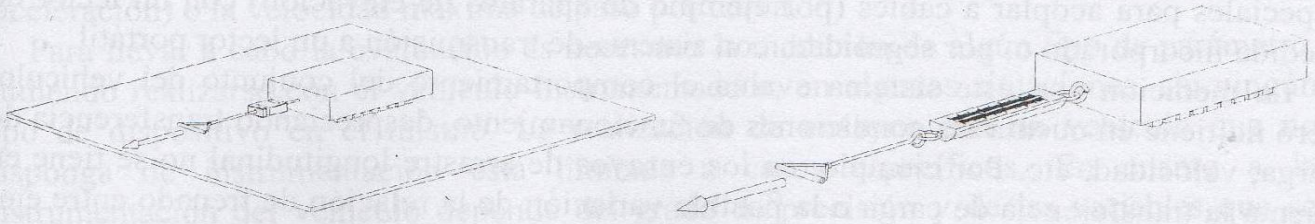


Figura 4.69 Sistemas de arrastre de un trozo de la banda de rodadura con un sensor tipo dinamómetro o con célula de carga

© *ITES - Paraninfo*

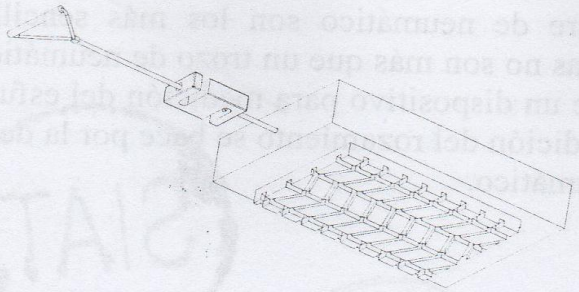


Figura 4.70 Vista inferior del dispositivo de arrastre

Con este tipo de sistemas se puede evaluar el comportamiento de un determinado neumático en un pavimento. Sin embargo, la medición con este tipo de dispositivos no tiene en cuenta factores operativos del neumático que afectan sustancialmente a la medida, como por ejemplo, la velocidad, la temperatura, la variación de carga vertical, etc.

De todas formas, por su sencillez se ha venido utilizando en la toma de datos en la escena del accidente, utilizando los propios neumáticos del vehículo o vehículos implicados. La validez de la medida dependerá de la rigurosidad y pericia de la persona que utiliza el dispositivo, si bien se desprecian algunos factores operativos como se ha comentado. Para una adecuada utilización es necesario que se conozca la correlación entre las medidas realizadas con este tipo de dispositivos y la real, para lo cual será necesario una formación adecuada y la realización de ensayos previos.

4.4.3 ENSAYOS DE ARRASTRE CON VEHÍCULO COMPLETO

Este método consiste en arrastrar el vehículo completo es sentido longitudinal, con las ruedas bloqueadas, y en sentido transversal. Midiendo la fuerza necesaria para conseguir el movimiento y el peso del vehículo se determina lo que se conoce como factor de arrastre.

El instrumental que se requiere es muy simple, una célula de carga, un cable, unas básculas de pesaje y un vehículo tractor. Existen en el mercado células de carga especiales para acoplar a cables (por ejemplo de aparatos de elevación) con un lector de medida incorporado o, por seguridad, con sistema de transmisión a un lector portátil.

La medición con este sistema evalúa el comportamiento del conjunto del vehículo, pero no tiene en cuenta las condiciones de funcionamiento, despreciando transferencia de carga, velocidad, etc. Por ejemplo, en los ensayos de arrastre longitudinal no se tiene en cuenta la transferencia de carga o la posible variación de la relación de frenado entre ejes por la deceleración, entre otros factores. En arrastre transversal no se tiene en cuenta la variación de carga vertical consecuencia de la aceleración transversal y del eje de balanceo.

© *ITES - Paraninfo*

La gran ventaja estriba en la sencillez del sistema y del proceso de medida, además del hecho de que se puede llegar emplear el vehículo implicado en un accidente y en el lugar en que se produjo.

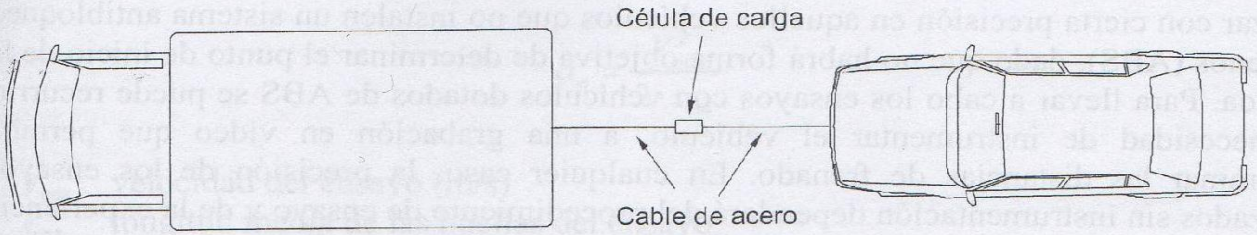


Figura 4.71 Sistemas de arrastre de un vehículo completo

4.4.4 ENSAYOS DINÁMICOS CON VEHÍCULO

La realización de ensayos de carretera con un vehículo equipado con la instrumentación necesaria es la forma más fiable para evaluar los esfuerzos longitudinal y transversal máximos que admite la interacción entre el vehículo y el medio, ya que en los ensayos se reproducen todos los factores que tienen influencia en la capacidad adherente de los neumáticos y, en general, en el comportamiento dinámico del vehículo. En el caso de ser requerida dicha medición para la investigación de las causas de un accidente el ensayo debería de hacerse, en caso de ser posible, con los vehículos implicados en el mismo, realizando dicho ensayo en el mismo lugar del suceso y con las condiciones operativas y ambientales en las que tuvo lugar, tratando de reproducir lo más fielmente posible las circunstancias en las que se produjo. En caso de no ser posible la utilización del o de los vehículos implicados deberán sustituirse por otros similares. El grado de repetibilidad de las condiciones del accidente indicará el rango de precisión de los resultado obtenidos.

En los ensayos realizados con vehículo completo podría llegar a determinarse la adherencia utilizada. Sin embargo, en la mayoría de los casos, esto no será necesario o carecerá de sentido, dado que la finalidad de los ensayos será determinar la velocidad al inicio de una frenada, la capacidad de frenado (deceleración), la capacidad de tracción (aceleración) o la velocidad máxima de paso por curva.

Para llevar a cabo la evaluación es necesario la medición de algún tipo de parámetro, pudiendo realizarse con el vehículo instrumentado o, en algunas situaciones, sin ningún tipo de dispositivo en el mismo. La realización de ensayos con un vehículo que no disponga de instrumentación está limitada a casos específicos. En cuanto a la instrumentación del vehículo depende del grado de precisión y de las variables que se quieran medir. Se analizan a continuación algunas de las configuraciones posibles junto con el tipo de ensayos que es posible realizar.

© ITES - Paraninfo

ENSAYOS CON VEHÍCULO NO INSTRUMENTADO

Cuando no se utilice instrumentación adicional en el vehículo podrán realizarse ensayos de tracción (evaluación de la capacidad de aceleración) y ensayos de paso por curva (velocidad límite). Los ensayos de frenado (capacidad de deceleración) sólo se podrán realizar con cierta precisión en aquellos vehículos que no instalen un sistema antibloqueo de frenos (ABS), dado que no habrá forma objetiva de determinar el punto de inicio de la frenada. Para llevar a cabo los ensayos con vehículos dotados de ABS se puede recurrir, sin necesidad de instrumentar el vehículo, a una grabación en vídeo que permita determinar las distancias de frenado. En cualquier caso, la precisión de los ensayos realizados sin instrumentación dependerá del procedimiento de ensayo y de la experiencia del personal implicado.

El paso previo para la realización de cualquiera de los ensayos descritos es la determinación del grado de precisión del velocímetro del vehículo (cuentakilómetros), se realice con un vehículo tipo o con el o los vehículos implicados en el accidente. Para evaluar dicha precisión se proponen dos procedimientos:

- Empleando sensor de velocidad externo (tipo radar, láser,...)
- Midiendo en tiempo que se tarda en recorrer una distancia conocida a una velocidad constante, para lo cual sólo será necesario un cronómetro y un sistema de medición de longitud. Existen en el mercado sistemas de cronometraje que se activan automáticamente (por fotocélulas por ejemplo), lo cual permite una exactitud de la medida importante. En un sistema de cronometraje activado por células serían suficientes dos, una para el punto inicial y otra para el final.

Si se desconoce la velocidad del ensayo final, la evaluación de la precisión del velocímetro debe hacerse a diferentes velocidades, repitiéndolo tres veces para cada una de ellas. De los tres ensayos para cada velocidad se tomará el valor medio de aquellos valores que no difieran en más de un 5%.

La aplicación del ensayo de frenado es muy concreta. Si, por ejemplo, de una huella de frenado visible en la carretera se quiere determinar la velocidad al inicio de la misma o, simplemente, si se produjo a mayor velocidad que la limitación el ensayo que se puede realizar debe seguir el siguiente procedimiento:

- Reproducir lo más fielmente posible las condiciones en las que se produjo el accidente. Es preferible que se haga en el mismo lugar, con el mismo vehículo implicado (misma carga) e instantes después de producirse.
- Recorrer una distancia prudencial con el vehículo para que los neumáticos alcancen una temperatura similar a la que tenían (4 o 5 km pueden ser suficientes).
- Frenar de forma severa a la velocidad que esté limitada la vía (genérica o específica), repitiendo el ensayo un mínimo de tres veces.
- Medir las huellas dejadas por todos los neumáticos y considerar la media de las que no difieran en más de un 5%.

© ITES - Paraninfo

Si la longitud de la huella del accidente es superior a la resultante de los ensayos se puede afirmar que la velocidad a la que se inició la frenada en el accidente fue superior a la limitación. Para saber, de forma aproximada, en cuanto fue superior, se puede determinar la deceleración media del vehículo en frenado a partir de la velocidad del ensayo y de la longitud media calculada, según la siguiente expresión:

$$a_m = \frac{V_{ens}^2}{2 \cdot s_{ens}}$$

V_{ens} velocidad del ensayo (m/s)
s_{ens} longitud media de las huellas del ensayo
a_m aceleración media en frenado del vehículo

A partir de esa aceleración media, la velocidad aproximada al inicio de la frenada será:

$$V = \sqrt{2 \cdot a_m \cdot s_{acc}}$$

V velocidad (m/s)
s_{acc} longitud de las huellas del accidente
a_m aceleración media del ensayo de frenado del vehículo

La capacidad de aceleración de un vehículo se puede evaluar mediante un ensayo de tracción, cuyo procedimiento dependerá del objetivo de dicha evaluación. En cualquier caso, será necesario medir dos de las tres variables siguientes: tiempo, espacio y velocidad.

Por ejemplo, si se pretende saber si un vehículo que parte de parado de un semáforo es capaz de superar el siguiente antes de que éste se ponga en rojo, se puede hacer un ensayo de tracción. Si no se puede hacer en el lugar, se tratarán de reproducir las condiciones del lugar (pendiente, asfalto, temperatura, humedad,...). El vehículo, antes de realizar el ensayo, deberá de haber recorrido varios kilómetros para que las ruedas y el motor tengan una cierta temperatura de funcionamiento. El procedimiento a seguir durante el ensayo será:

- Asegurar la repetibilidad de las condiciones originales (vehículo, carretera,...)
- Marcado sobre la carretera de la distancia a recorrer (medición de la misma)
- Aceleración desde parado hasta superara la marca final. Tomar el tiempo o la velocidad de paso sobre la marca final. Si es posible, se deben de anotar ambos.

El ensayo debe repetirse un mínimo de tres veces, tomando como válidos los ensayos en los que los resultados no difieran en más de un 5%. El tiempo y la velocidad se calcularán por la media de estos ensayos considerados válidos.

© ITES - Paraninfo

A partir de los resultados obtenidos se puede calcular la aceleración media en tracción de un vehículo, por tanto, su capacidad de tracción. Dependiendo de la medida, la aceleración media se calcula por la expresión:

$$a_{m_t} = \frac{V_{ens_t}^2}{2 \cdot s_{ens_t}} \qquad a_{m_t} = \frac{V_{ens_t}}{t_{ens_t}}$$

Por ejemplo, para saber la capacidad de aceleración entre dos velocidades es necesario tomar el tiempo que se tarda en pasar de una a otra, como siempre, tras al menos tres ensayos. La aceleración se calcula como:

$$a_{m_t} = \frac{V_{2ens_t} - V_{1ens_t}}{t_{ens_t}}$$

Hay que tener en cuenta que en la capacidad de aceleración influye la relación de cambio que se seleccione, especialmente cuando se evalúa la capacidad entre dos velocidades. Por tanto, el ensayo debe contemplar diferentes relaciones de cambio y determinar tantas aceleraciones medias como relaciones se consideren (normalmente dos).

La evaluación de la capacidad de paso por curva con un vehículo sin instrumentación tiene importantes limitaciones. En la dinámica de un paso por curva intervienen determinados factores que sin instrumentación son difíciles de controlar, por lo que la repetibilidad de los ensayos o la semejanza con la situación del accidente está en entredicho. Por ejemplo, las acciones del conductor, como son su actuación sobre el freno, el acelerador, el volante, la relación de cambio, etc tienen una influencia significativa en el comportamiento del vehículo en curva. Si no se controlan o miden no se puede afirmar que dos ensayos se han realizado en las mismas condiciones, por lo que no se garantizará el resultado de los mismos.

Los ensayos de paso por curva son útiles cuando en la escena de un accidente existen huellas de derrape, por lo que en este tipo de ensayos se debe buscar el límite de derrape del vehículo. Garantizando un mínimo de seguridad, sin el cual no deben realizarse, se tratará de reproducir todas las condiciones existentes en el momento. Además, se tendrá en cuenta el tipo de huella de derrape, por si es compatible con una aceleración fuerte o con una frenada.

4.4.5 INSTRUMENTACIÓN BÁSICA Y ENSAYOS

Aunque, como se ha visto, es posible la realización de ensayos sin instrumentación, éstos están limitados tanto por los vehículos a los que se pueden aplicar (caso de frenado) como por la precisión de la medida obtenida. Por ello, se detalla en este apartado una instrumentación básica que permite una mayor aplicación y precisión a los ensayos

© ITES - Paraninfo

descritos. No se recogen todos los tipos de sensores posibles solamente aquellos que se utilizan con más frecuencia y que tienen una relación entre rendimiento y precio aceptable.

La instrumentación más simple y económica consiste en la colocación de un sensor que permita medir la velocidad o la aceleración. Entre los dispositivos existentes cabe citar:

- ✓ Acelerómetros
- ✓ GPS
- ✓ 5ª rueda
- ✓ Sensor de velocidad de rueda sin contacto
- ✓ Sensor óptico
- ✓ Sensor radar

Con este tipo de sensores se puede evaluar la capacidad máxima longitudinal y transversal de forma bastante precisa, aunque esto dependerá del tipo de sensor y del procedimiento seguido en la medición.

La evaluación de la capacidad longitudinal se realiza por medio de ensayos tracción o de frenado, determinando la aceleración longitudinal durante el ensayo. Con los sensores que miden velocidad la aceleración se calcula derivando la lectura registrada en función del tiempo.

Para evaluar la capacidad transversal se deben de realizar ensayos en curva a diferentes velocidades hasta conseguir el derrape del vehículo o, por ejemplo, la aparición de una huella sobre la superficie de rodadura similar a la dejada por un vehículo implicado en un accidente, determinando dicha velocidad límite o la aceleración transversal límite. Este tipo de ensayos, con la utilización de uno de los sensores descritos, tiene las mismas limitaciones detalladas en el apartado anterior, al no controlar gran parte de las variables.

ACELERÓMETROS

El acelerómetro es el tipo de sensor más habitual utilizado en la evaluación tanto de la capacidad longitudinal como transversal del sistema vehículo-medio. Con él se mide directamente la aceleración del punto del vehículo donde esté colocado, siendo deseable que éste sea lo más próximo posible al centro de gravedad.

Existen dispositivos portátiles, de reducido tamaño, que registran la aceleración, permitiendo la salida de datos a un ordenador o a una impresora. Algunos de ellos están diseñados para realizar cálculos en ensayos de frenada, por ejemplo con aplicaciones para estimar la adherencia o con la posibilidad de conectar otros sensores, como transductores para determinar la fuerza con la que se presiona el pedal de freno, el tiempo de respuesta del conductor, etc. Para su manejo no es necesario ser experto en instrumentación, pudiendo ser utilizado, siguiendo los procedimientos del manual, por cualquier persona.

© *ITES - Paraninfo*

La mayoría de estos dispositivos contienen un acelerómetro uniaxial, que mide la aceración en una sola dirección, colocándose en sentido longitudinal para los ensayos de tracción y frenada o transversalmente para la medición de la aceleración lateral. Otros dispositivos utilizan acelerómetros biaxiales, dispuestos para medir aceleración longitudinal y transversal, o triaxiales, que además permiten medir la aceleración vertical.

La colocación de los dispositivos portátiles es sencilla, por medio de ventosas o simplemente de tres patas de apoyo, se fijan a la carrocería del vehículo. La posición ideal es fijarlo justo en el centro de gravedad del vehículo, aunque el error cometido si no coincide puede considerarse despreciable. En todos los casos disponen de un sistema para nivelar el acelerómetro, de forma que, antes de iniciar el ensayo, tenga su ejes X e Y paralelo al plano del suelo.

Si la instrumentación se va a realizar sobre un vehículo concreto, de forma que se vaya a utilizar como patrón para la realización de ensayos rutinarios, los dispositivos portátiles pueden no ser adecuados. En este caso existen en el mercado una variedad importante de acelerómetros, diseñados para una colocación "fija" sobre la carrocería. Su tamaño es reducido, normalmente menor de 4 cm, lo que permite colocarlo en cualquier parte del vehículo, incluso más próximo al centro de gravedad que los sistemas portátiles. En este caso, requieren de un equipo de adquisición de datos con algún sistema de almacenamiento de los mismos o con un ordenador portátil. La instalación y el procesado posterior de los datos requiere personal especializado (es necesario un tratamiento de la señal con filtrado, etc.).

El mayor inconveniente de la medición por medio de acelerómetros es la influencia de la gravedad en la medida longitudinal y transversal, debido a los movimientos de cabeceo y de balanceo de la carrocería respectivamente. Además, aunque con una influencia menor, las aceleraciones de cabecero y de balanceo afectan en la medida debido a la diferencia entre la posición de los "ejes" de giro y la posición del acelerómetro, según se indica en la figura 4.72.

El principio de funcionamiento de un acelerómetro se basa en la medición de la inercia de una pequeña masa interna, es decir, de las fuerzas producidas por las aceleraciones que sufre sobre un elemento elástico. Por tanto, cuando se frena (figura 4.72) la aceleración que mide el acelerómetro según su eje x' es la suma de la proyección de la aceleración real de frenado ($a_x \cdot cos\theta$) más la proyección de la aceleración de la gravedad ($g \cdot sen\theta$), esto es:

$$a_{x'} = a_x \cdot \cos\theta + g \cdot \operatorname{sen}\theta$$

Donde:

$a_{x'}$ es la aceleración registrada por el acelerómetro según su eje x

a_x es la aceleración real de frenado del vehículo

θ es el ángulo de cabeceo que sufre el vehículo por la aceleración de frenado

Por tanto, la aceleración medida por el acelerómetro debe ser corregida por medio de la expresión:

© ITES - Paraninfo

$$a_x = \frac{a_{x'} - g \cdot \operatorname{sen}\theta}{\cos\theta}$$

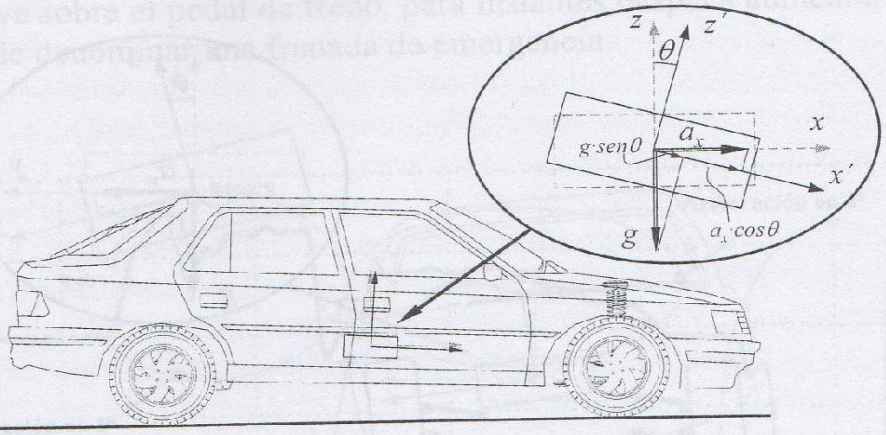


Figura 4.72 Efecto del cabeceo en las medidas de aceleración longitudinal

Los dispositivos comerciales no disponen de sistemas para la medición del cabeceo. Algunos de ellos utilizan una corrección constante, otros corrigen en función de la aceleración que miden. En cualquier caso el ángulo de cabeceo en frenado no suele superar los 3°. Estos valores son válidos en frenado, pero en el caso de la medición de las prestaciones en tracción es necesario, por regla general, incrementarlos, ya que normalmente la rigidez a cabeceo es superior en frenado que en tracción.

Cuando se pretende medir la aceleración lateral con acelerómetros se produce el mismo fenómeno descrito anteriormente. El balanceo que sufre la carrocería hace que afecte la aceleración de la gravedad a la lectura del acelerómetro.

Por tanto, al medir la aceleración lateral cuando balancea la carrocería en una superficie horizontal, (figura 4.73) la aceleración que mide el acelerómetro según su eje y' es la suma de la proyección de la aceleración real ($a_y \cdot cos\phi$) más la proyección de la aceleración de la gravedad ($g \cdot sen\phi$), esto es:

$$a_{y'} = a_y \cdot \cos\phi + g \cdot \operatorname{sen}\phi$$

Donde:

$a_{y'}$ es la aceleración registrada por el acelerómetro según su eje y

a_y es la aceleración real lateral del vehículo

ϕ es el ángulo de balanceo que sufre el vehículo por la aceleración lateral

En este caso el ángulo de balanceo suele alcanzar valores superiores al de cabeceo, con lo cual, la influencia en la medida es muy superior.

Por último, la medida con acelerómetros, además de afectar los movimientos de la carrocería, se ve afectada por la inclinación del firme, que es necesario corregir en caso

© ITES - Paraninfo

de existir. En este caso, es sencillo realizar la corrección con una simple medición con el acelerómetro o con algún inclinómetro.

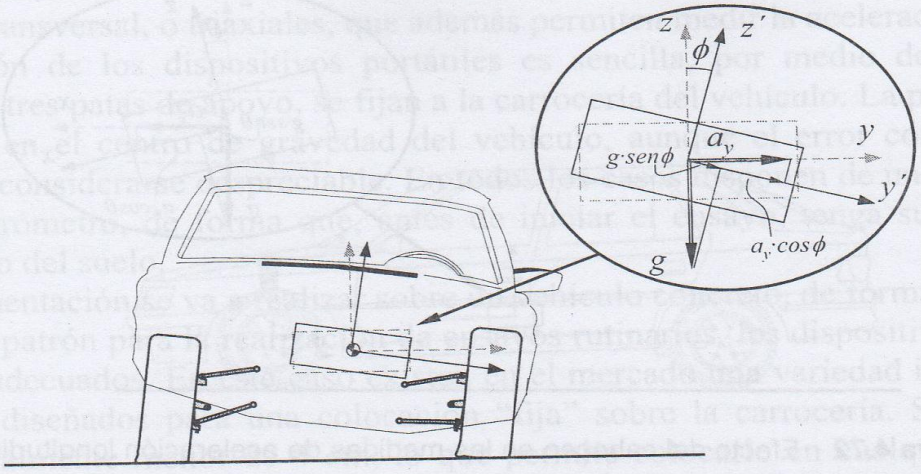


Figura 4.73 Efecto del balanceo en las medidas de aceleración lateral

A pesar de los inconvenientes que presenta los acelerómetros son el instrumento de medición más utilizado, teniendo la ventaja de la existencia de dispositivos portátiles de reducido tamaño y fácil manejo. Con ellos se realizan, fundamentalmente, ensayos de frenado, determinando la aceleración en función del tiempo.

Algunos de los sistemas comerciales portátiles existentes en el mercado son de las marcas *MAHA*, *G-analyst* o *Vericom*.

INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS CON ACELERÓMETROS

Como ejemplo del registro y del procesado de las señal de un acelerómetro uniaxial, se muestran en este apartado los resultados de un ensayo longitudinal de tracción y frenado.

En la figura 4.74 se muestra el perfil de la aceleración longitudinal registrada en función del tiempo, diferenciándose claramente las zonas que corresponden a la tracción de las zonas que corresponden al frenado. Analizando los gráficos se observa el instante inicio del movimiento del vehículo, en torno al instante de tiempo 5s (transcurridos desde que se empiezan a guardar las lecturas del acelerómetro en la memoria del equipo de adquisición de datos). El vehículo arranca en primera velocidad, acelerando durante poco más de 4 segundos, hasta que se cambia a 2ª velocidad, instante apreciable por que se anula la aceleración y se inicia ésta con un valor máximo inferior. Observando la gráfica, se aprecia que al superar los 16 segundos se deja de acelerar, apareciendo una aceleración negativa de valor pequeño. Esta aceleración negativa es debida a las resistencias al

© ITES - Paraninfo

avance, con el motor desembragado o la caja de cambios en punto muerto. Si fuese debida a la retención por el motor sería de valor superior. Transcurrido poco menos de dos segundos se observa un pequeño incremento de la deceleración, posiblemente debido a una presión suave sobre el pedal de freno, para instantes después aumentar bruscamente en los que se puede denominar una frenada de emergencia.

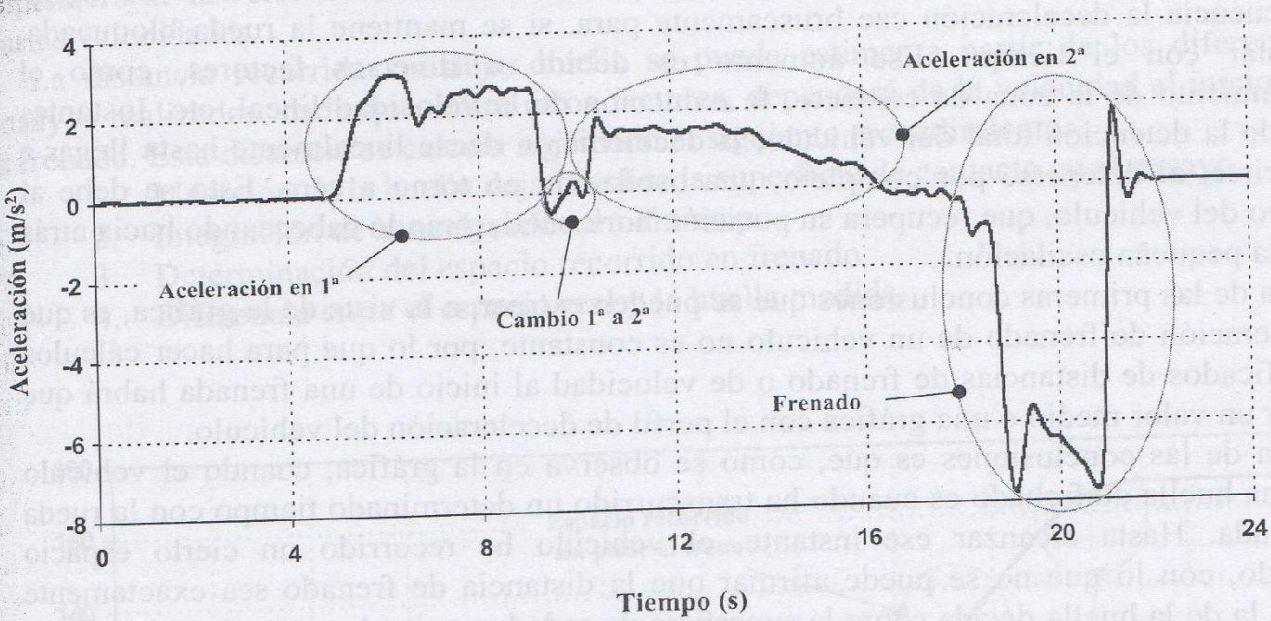


Figura 4.74 Aceleración en función del tiempo

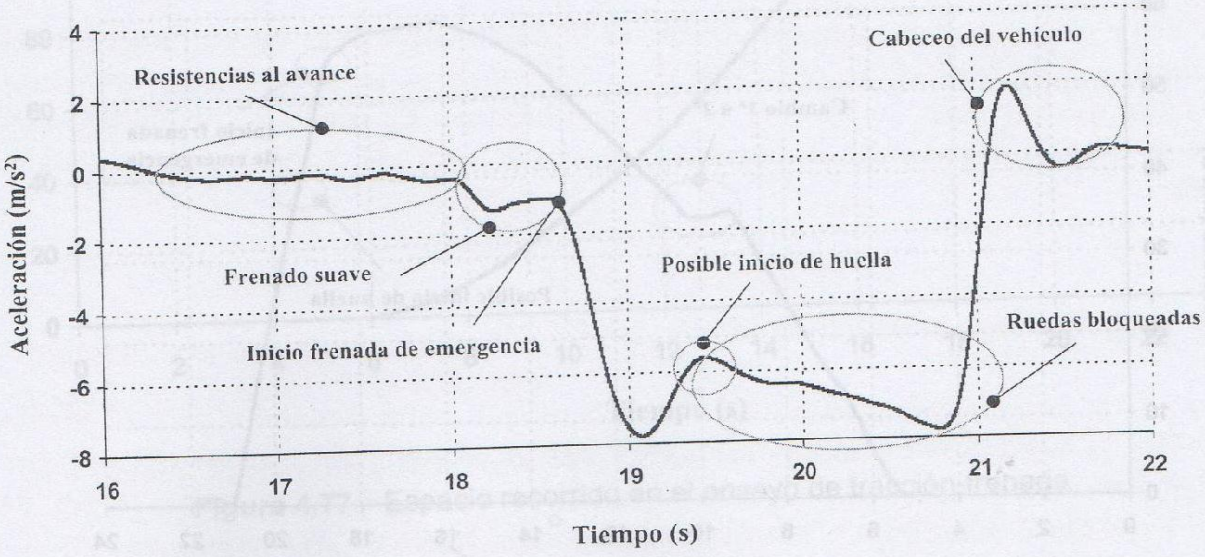


Figura 4.75 Registro de la aceleración. Detalle del proceso de frenado

© ITES - Paraninfo

Analizando más en detalle la zona de frenado (figura 4.75), se aprecia como al realizar la frenada de emergencia la deceleración crece linealmente con el tiempo hasta que alcanza el valor máximo. Dicho valor no se alcanza instantáneamente, subiendo con una pendiente que dependerá de diversos factores, siendo los más importantes los que conciernen al sistema de frenos propio de cada vehículo. Alcanzado el valor máximo, y al no disminuir la presión sobre el pedal de freno, se supera la capacidad adherente entre el neumático y la carretera, produciéndose el bloqueo de la rueda (en torno a 19 s). Como consecuencia la deceleración cae bruscamente para, si se mantiene la rueda bloqueada, aumentar con el tiempo. Ese aumento es debido a diversos factores, como el calentamiento de la zona de contacto, la reducción de la velocidad lineal, etc. Instantes antes de la detención total del vehículo, la deceleración decae linealmente hasta llegar a producirse, al detenerse por completo, una oscilación en torno a cero. Esto se debe al cabeceo del vehículo, que recupera su posición horizontal, girando cabeceando hacia atrás con una pequeña oscilación.

Una de las primeras conclusiones que se pueden extraer, a la vista de la gráfica, es que la aceleración de frenado de un vehículo no es constante, por lo que para hacer cálculos simplificados de distancias de frenado o de velocidad al inicio de una frenada habrá que utilizar un valor medio o una gráfica con el perfil de deceleración del vehículo.

Otra de las conclusiones es que, como se observa en la gráfica, cuando el vehículo deja una huella de frenado es cuando ha transcurrido un determinado tiempo con la rueda bloqueada. Hasta alcanzar ese instante, el vehículo ha recorrido un cierto espacio frenando, con lo que no se puede afirmar que la distancia de frenado sea exactamente igual a la de la huella dejada sobre la superficie de rodadura, siendo siempre unos metros superior.

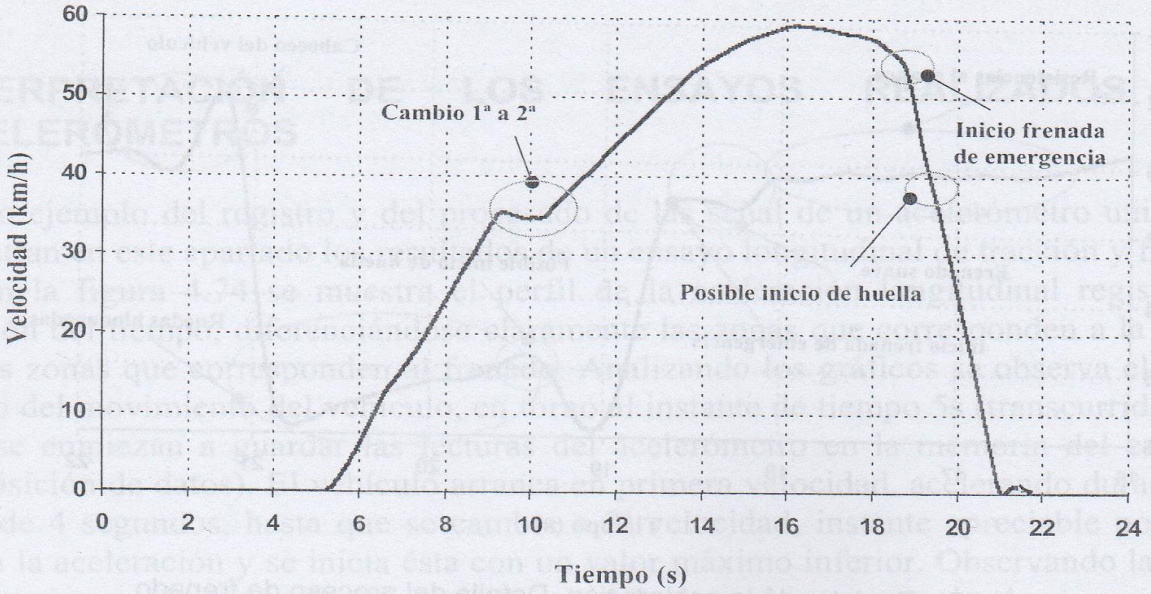


Figura 4.76 Evolución temporal de la velocidad

© *ITES - Paraninfo*

Para proceder a la determinación de la velocidad al inicio de una frenada basándose en la longitud de una huella y de un perfil de deceleración como el de la figura 4.74 es necesario estimar la distancia que se recorre frenando sin dejar evidencias. A partir de ella, y con el valor medio de la aceleración obtenido de la gráfica se calcularía la velocidad al inicio de la frenada.

El valor de la aceleración de frenado para un mismo vehículo y en el mismo firme dependerá de la velocidad inicial de ensayo. Por tanto, es necesario repetir los ensayos a varias velocidades.

La distancia recorrida sin dejar huella se puede estimar a partir de los diferentes ensayos realizados, dado que, entre otros factores, dependerá de la velocidad al inicio de la frenada. Esta distancia se calcula siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Medición de la huella dejada sobre la superficie de contacto en el ensayo
2. Integración de la aceleración en el tiempo
3. Determinación del espacio recorrido en frenado
4. Diferencia entre el espacio real y la huella medida

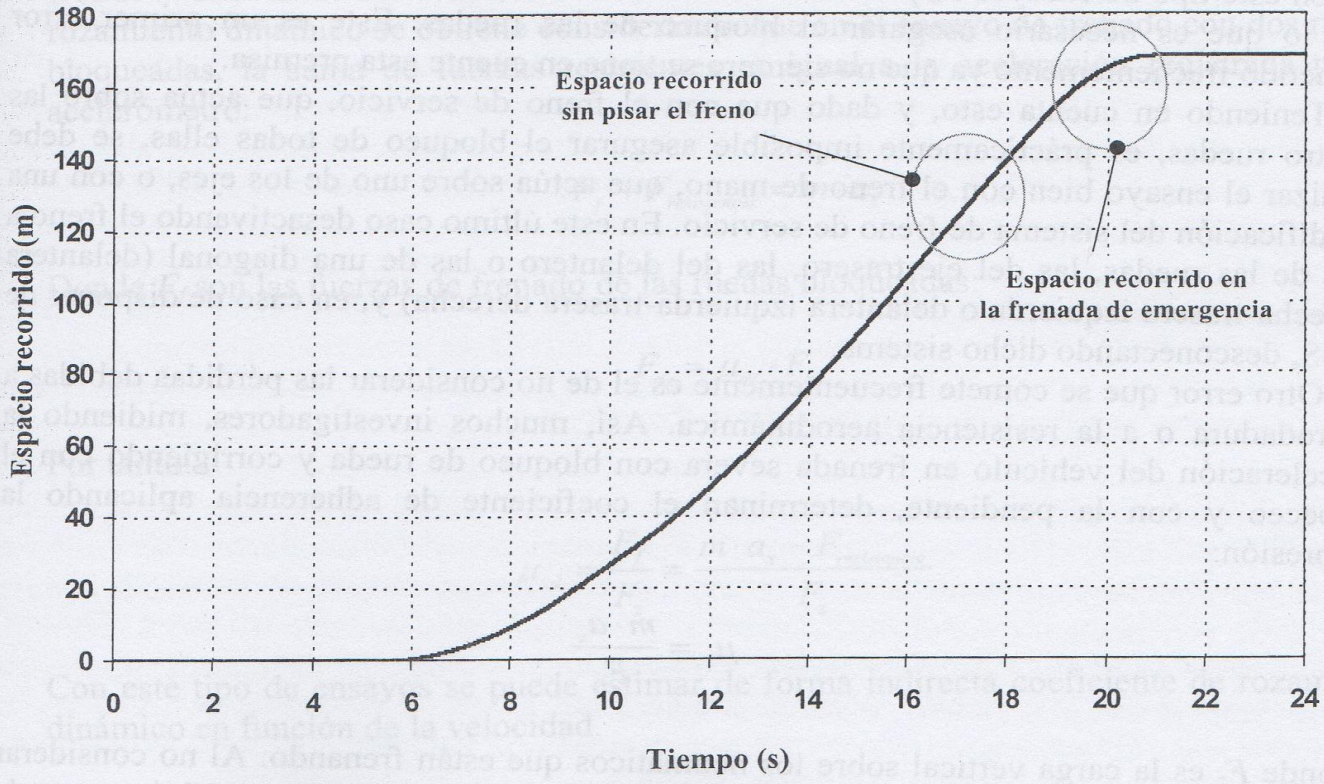


Figura 4.77 Espacio recorrido en el ensayo de tracción-frenada

Hay que indicar que, para examinar la huella, debe observarse desde diferentes puntos de vista, siendo necesario, en la mayoría de los casos, hacerlo con un ángulo pequeño

© ITES - Paraninfo

respecto a la carretera, agachándose de forma que la altura de visión esté entre 60 y 100 centímetros. En días soleados la mejor forma de observar la huella es, si es posible, dejando el sol a la espalda. Algunos autores indican que unas gafas de sol polarizadas pueden ayudar a la observación de la huella.

Las gráficas mostradas anteriormente corresponden a un vehículo con un sistema de frenos convencional, sin ABS. En el caso de disponer de ABS, el perfil de aceleraciones sería más "plano", es decir, desaparecería el pico de deceleración, manteniendo un perfil prácticamente horizontal en toda la frenada.

MEDICIÓN INDIRECTA DE LA ADHERENCIA CON ACELERÓMETROS

Algunos investigadores utilizan el acelerómetro para la determinación del coeficiente de rozamiento longitudinal, aunque, en muchos casos, el procedimiento seguido no es del todo correcto. Además, alguno de los dispositivos portátiles existente calcula automáticamente dicho coeficiente, generalmente también con algunos errores en el procedimiento.

En este tipo de ensayos se pretende determinar el coeficiente de rozamiento dinámico, por lo que es necesario asegurar el bloqueo de las ruedas. Este es un primer error cometido frecuentemente ya que no siempre se tiene en cuente esta premisa.

Teniendo en cuenta esto, y dado que con el freno de servicio, que actúa sobre las cuatro ruedas, es prácticamente imposible asegurar el bloqueo de todas ellas, se debe realizar el ensayo bien con el freno de mano, que actúa sobre uno de los ejes, o con una modificación del sistema de freno de servicio. En este último caso desactivando el freno a dos de las ruedas, las del eje trasero, las del delantero o las de una diagonal (delantera derecha-trasera izquierda o delantera izquierda-trasera derecha) y, en caso de disponer de ABS, desconectando dicho sistema.

Otro error que se comete frecuentemente es el de no considerar las pérdidas debidas a la rodadura o a la resistencia aerodinámica. Así, muchos investigadores, midiendo la deceleración del vehículo en frenada severa con bloqueo de rueda y corrigiendo con el cabeceo y con la pendiente, determinan el coeficiente de adherencia aplicando la expresión:

$$\mu_x = \frac{m \cdot a_x}{F_z}$$

Donde F_z es la carga vertical sobre los neumáticos que están frenando. Al no considerar las pérdidas la aceleración medida es mayor que la aceleración que se obtiene por la capacidad de esfuerzo longitudinal entre el neumático y la superficie de rodadura, dado que las pérdidas contribuyen en el proceso de frenado. Por ello, es necesario determinarlas realizando un sencillo ensayo consistente el acelerar el vehículo a diferentes velocidades (generalmente basta con una baja y una alta) y dejarlo frenar poniendo el cambio en punto muerto.

© ITES - Paraninfo

Cuando un vehículo frena por la acción de las resistencias, la ecuación de la dinámica longitudinal del frenado queda reducida a:

$$f_r \cdot P + \frac{1}{2}\rho \cdot C_x \cdot A_f \cdot V^2 = m \cdot a_x$$

Donde a_x es la aceleración registrada en el ensayo. De tal forma que la expresión de la aceleración en función de la velocidad lineal se puede simplificar a una ecuación de regresión cuadrática del tipo:

$$a_x = f(V^2) = A \cdot V^2 + B$$

Determinados los coeficiente A y B de la ecuación , las fuerzas de resistencia serán:

$$F_{resist} = \left(A \cdot V^2 + B\right) \cdot m$$

Donde m es la masa del vehículo en las condiciones de carga del ensayo. El coeficiente de rozamiento dinámico se obtiene considerando que en el ensayo de frenado con dos ruedas bloqueadas, la suma de fuerzas resistentes es igual a la aceleración registrada por el acelerómetro:

$$F_f + F_{resistencia} = m \cdot a_x$$

Donde F_f son las fuerzas de frenado de las ruedas bloqueadas:

$$F_f = \mu_{dx} \cdot F_z$$

Por tanto:

$$\mu_{xd} = \frac{F_f}{F_z} = \frac{m \cdot a_x - F_{resistencia}}{F_z}$$

Con este tipo de ensayos se puede estimar de forma indirecta coeficiente de rozamiento dinámico en función de la velocidad.

Uno de los inconvenientes de este tipo de cálculo es el hecho de que la carga sobre los neumáticos es variable, por efecto de la transferencia de carga, siendo necesario estimar la carga vertical con la aceleración. La transferencia de carga así calculada será una aproximación puesto que se esta despreciando la influencia de la geometría y de la dinámica de la suspensión.

© ITES - Paraninfo

A juicio de los autores, el procedimiento más fiable y seguro es realizar el ensayo, en caso de ser posible, anulando el sistema de frenos a una de las diagonales. De esta forma durante el ensayo se asegura una cierta estabilidad direccional del vehículo independientemente de la velocidad, algo difícil de conseguir si se bloquean las ruedas traseras. Además, al frenar una rueda trasera y una delantera, si el ensayo se realiza en recta, se puede afirmar que la suma de la carga vertical de ambas es aproximadamente la mitad del peso del vehículo, no siendo necesario realizar ninguna estimación.

5ª RUEDA

Es un dispositivo que se ha venido utilizando desde los inicios de la instrumentación de los vehículos y que actualmente, dado el desarrollo de nuevos sensores, está prácticamente en desuso. A pesar de ello, es interesante citarlo por su sencillez y reducido coste.

Este dispositivo se usa tanto para medir la velocidad como para medir el ángulo de guiñada. Consiste básicamente en una rueda de anchura reducida (similar a la de una bicicleta) que es arrastrada por el vehículo por medio de una "lanza" (a modo de un remolque) que articula en el centro de su parte trasera. Al ser arrastrada y llevar suspendido poco peso no se ve prácticamente afectada por el deslizamiento en su rodadura, con lo que su velocidad de giro, medida con un sensor (*encoder*, potenciómetro, etc.), permite determinar de manera bastante fiable la velocidad longitudinal. El ángulo entre la rueda y el vehículo, medido en la articulación de la lanza, permite determinar la guiñada, e incluso el cabeceo.

La 5ª rueda suele utilizarse como complemento a otros sensores, como los acelerómetros. En este caso puede ser útil para corregir el efecto del cabeceo sobre éstos.

SENSORES RADAR Y SENSORES ÓPTICOS

Aunque basen su proceso de medición en principios diferentes, ambos son sensores con unas características técnicas y de manejo muy similares. Realizan la medición de la velocidad directamente entre la carrocería y el suelo, sin necesidad de contacto, por lo que no se ven afectados por el deslizamiento. Además, la medida tampoco se ve afectada por las variaciones en la inclinación de la carrocería.

Su colocación es sencilla, se hace directamente sobre la carrocería por medio de cualquier tipo de sistema de fijación, bases magnéticas, ventosas, uniones atornilladas, etc. Por tanto, su colocación es sencilla y aplicable a cualquier vehículo.

Para completar la instrumentación requieren de algún sistema de adquisición de datos, que puede ser simplemente un ordenador portátil.

© ITES - Paraninfo

SENSOR DE VELOCIDAD A LA RUEDA DEL VEHÍCULO

Se trata de un sensor que mide directamente la velocidad de giro de la rueda por medio de un *encoder* óptico. Existen diferentes sistema comerciales, aunque todos ellos muy parecidos. Se fijan al centro de la rueda por su parte exterior, pudiendo utilizar los mismos tornillos que la unen a la mangueta. Por medio de un cable, fijado por ventosas o magnéticamente a la carrocería, se transmite la señal y se impide el giro libre del *encoder*. Requiere de algún sistema para la captación de la señal, pudiendo ser un ordenador portátil.

La medición de la velocidad de la rueda no equivale a la del vehículo, debido al deslizamiento. Por este motivo, este tipo de sensor no es adecuado, si no va complementado o complementa a otro, para la realización de ensayos destinados a evaluar los esfuerzos máximos entre rueda y suelo. Su utilización es necesaria si se pretende medir el deslizamiento del neumático, siempre y cuando se utilice otro sensor para medir la velocidad o aceleración real de la carrocería.

SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO POR SATÉLITE (GPS)

Se trata de un sensor cuya utilización en la instrumentación de los vehículos ha aumentado considerablemente en los últimos años, gracias al incremento de la precisión conseguida. Su principio de funcionamiento se basa en la determinación de la posición del receptor por medio de, al menos, cuatro referencias externas. Estas referencias son los satélites que orbitan en torno a la tierra. Determinada la posición en el tiempo, los receptores suelen ofrecer también la velocidad.

La ventaja de la utilización de un sensor tipo GPS es que mide la velocidad con respecto a una referencia externa, lo cual supone la eliminación de todos los errores de los acelerómetros. Además, al medir directamente la posición, permite determinar las trayectorias durante los ensayos, siendo muy útil en los análisis de paso por curva o en la determinación de la distancia real en una frenada.

Para la aplicación a la evaluación de las características de la interacción vehículo-medio, no sirve cualquier tipo de receptor GPS. En primer lugar, es necesario que se trate de un dispositivo de alta frecuencia de muestreo, con velocidades de adquisición no inferiores a los 10 Hz. Otra de las características necesarias es la precisión, siendo esencial que dispongan de algún sistema de corrección de los errores propios del sistema. Por ejemplo, existen sistemas comerciales para aplicación a vehículos con sistemas de corrección DGPS que posibilitan la medida con errores menores de 1 m. Para una mayor precisión se pueden utilizar sistemas con posicionamiento diferencial que permiten medir con errores inferiores a 1 cm.

Una de las desventajas del sistema es la dificultad de utilización en zonas con presencia de edificios altos o debajo de árboles, ya que éstos dificultan la recepción de la señal por parte del sensor. Por este motivo son poco adecuados para sus utilización en ciudades.

© ITES - Paraninfo

INSTRUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA VEHÍCULO-MEDIO

Siendo básica la utilización de, al menos, uno de los sensores anteriormente descritos para la evaluación de la interacción entre el vehículo y el medio, existen una gran variedad de sensores o dispositivos que pueden ser utilizados como complemento para la determinación de otros parámetros o para la corrección de los errores de los primeros. Dada esa diversidad, y ante la imposibilidad de recogerlos todos, se analizan a continuación los que se consideran que pueden ser más útiles en el propósito de evaluar la interacción citada junto con el tipo de ensayos que se pueden realizar. Entre los sensores o equipos que se pueden utilizar destacan:

- Sensor para identificación del inicio de la frenada
- Sensor de actuación sobre el pedal de freno
- Sensor de giro de volante
- Sensor de fuerza en rueda
- Sensores de posición de rueda o de deformación de la suspensión
- Equipo para conexión al sistema CAN-bus del vehículo
- Equipo para la descarga de datos de la centralita del Airbag
- ...

Medición de la longitud real de frenado

Como se mencionó anteriormente, la distancia real de frenado es superior a la de la huella dejada sobre la superficie de rodadura. De tal manera que, para calcular la velocidad al inicio de la frenada a partir de la medición de la huella, es necesario estimar una distancia sin huella a sumar a dicha medición. Esta distancia es variable, siendo función los diversos factores que intervienen en el proceso de frenado, desde los propios del vehículo, los del medio o los de las condiciones operativas.

Para una mejor aproximación al valor de esta distancia se puede complementar la instrumentación básica con un sistema que registre el punto exacto de inicio de la frenada, realizando una marca en la carretera. Algunos investigadores utilizan una especie de pistola que proyecta una tiza o una mancha de pintura sobre la carretera. Este dispositivo se coloca próximo al suelo, unido a la carrocería del vehículo, y se activa con una señal eléctrica que puede proceder del mismo sistema que enciende las luces traseras de aviso de frenado. Actualmente no existe ningún sistema comercial, y los utilizados son todos dispositivos artesanales.

Si se dispone de un radar (o se tiene calibrado el velocímetro) y de un sistema para marcar el inicio de la frenada se podría evaluar la características longitudinales de la interacción vehículo-medio sin utilizar ninguno de los sensores básicos descritos. Bastaría con medir la longitud total de frenado y la velocidad al inicio para determinar una aceleración media durante todo del proceso de frenado.

© *ITES - Paraninfo*

Evaluación del tiempo de respuesta del sistema en frenado

Otro de los aspectos que caracteriza la interacción entre el vehículo y el medio es el tiempo que tarda el sistema de frenos el generar las fuerzas de reacción del suelo sobre el neumático que contribuyen a decelerar el vehículo. Este tiempo es el que transcurre desde que se inicia la presión sobre el pedal de frenos hasta que se alcanza un determinado valor de deceleración. Este valor puede considerarse como el 75% de la deceleración máxima del ensayo. Evaluando el tiempo de respuesta se pueden detectar anomalías en el sistema de frenos, en los neumáticos, en la suspensión, etc.

Para evaluar el tiempo de respuesta es necesario conocer el instante en el que se actúa sobre el dispositivo de freno. Para ello se pueden emplear diferentes métodos o instrumentaciones, siendo la más sencilla la captación de la señal que activa el alumbrado de frenado. En este caso, basta con "pinchar" en el cable que conecta el interruptor del pedal con el sistema de alumbrado, para registrar la variación de la tensión (0 inactivo, 12 activo).

La señal debe ser registrada junto con la del sensor que mide la velocidad o la aceleración. Como ya se ha dicho, muchos de estos sensores requieren de un equipo de adquisición de datos más un sistema de almacenamiento, generalmente un ordenador portátil. En este caso, los equipos de adquisición suele tener varios canales de entrada, con lo que se puede utilizar uno que esté libre. En el caso de utilizar algunos de los acelerómetros portátiles que existen en el mercado es necesario que disponga de la posibilidad de conexión de sensores externos. Dentro de éstos algunos ofrecen como accesorios dispositivos para captar la señal del alumbrado de frenos e, incluso, de un interruptor que se pude colocar sobre el pedal de freno o sobre cualquier otro mando.

Aún disponiendo en el equipo de la posibilidad de la entrada analógica del cable eléctrico del freno es necesario, en la mayoría de los casos, tratar la señal para adaptarla a las limitaciones del equipo.

Otra cuestión a tener en cuenta es la frecuencia de muestreo de las señales, que debe ser lo más alta posible para que no influya en la determinación del tiempo, dado que generalmente éste será reducido.

Otra alternativa para determinar el instante en el que se actúa sobre el pedal es la utilización de propio sistema de CAN-bus del vehículo. Éste es el sistema que se utiliza actualmente en el vehículo para conectar los diferentes equipos eléctricos y electrónicos, por el cual se transmiten todas las señales, incluidas las de los diferentes sensores del vehículo. Generalmente el sistemas dispone de puntos de conexión a través de los cuales, y por medio de diferentes herramientas, se puede acceder a la información que se transmite. Algunos de los fabricantes de los sensores básicos detallados anteriormente (acelerómetros portátiles o GPS), ofrecen la posibilidad de complementar la información del sensor con la del sistema CAN-bus del vehículo, por medio de accesorios de fácil instalación.

En el caso de utilizar el CAN-bus para la evaluación del tiempo de respuesta es necesario que por éste sistema se tenga acceso a la señal del pedal de freno, lo cual dependerá del fabricante y del modelo de vehículo.

© ITES - Paraninfo

EVALUACIÓN DEL PASO POR CURVA O DE MANIOBRAS EVASIVAS

Como se detalló anteriormente, la evaluación del comportamiento del vehículo en curva o en maniobras evasivas requiere el control o la medición de determinados parámetros, para lo cual es necesario la instrumentación del vehículo. Al menos, para garantizar la repetibilidad de los ensayos y unos resultados adecuados es necesario poder determinar:

- Velocidad del vehículo longitudinal y lateral
- Aceleración lateral y longitudinal
- Ángulo de giro de volante
- Relación de cambio
- Revoluciones de motor
- Velocidad o aceleración de guiñada
- Ángulos de cabeceo y balanceo (por posición de la suspensión o por giróscopos)

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Estudio del vehículo – Ruedas y neumáticos

Vehículo marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Ruedas y neumáticos

Llanta	Delantera izquierda	Delantera derecha	Trasera izquierda	Trasera derecha
Marca				
Den.comercial				
Anchura				
Diámetro llanta				
Tipo/forma				
Observaciones				

Neumático	Delantero izquierdo	Delantero derecho	Trasero izquierdo	Trasero derecho
Marca				
Den. comercial				
Anchura				
Diámetro llanta				
Rel. nom. aspecto				
Estructura				
Cámara				
Categoría velocidad				
Capacidad de carga				
Presión				
Profundidad dibujo				
Fecha fabricación				
Estado general				
Contraseña homol.				
Usos especiales				
Regrabable si/no				
Sentido de avance				
Observaciones				

Figura 4.78 Ejemplo de ficha para el registro de ruedas y neumáticos

© *ITES - Paraninfo*

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Estudio del vehículo – Ruedas y neumáticos

Vehículo marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Anomalías en rueda.....

Zona afectada	❑ Llanta ❑ Pestaña (int/ext) ❑ Asiento de talón (int/ext) ❑ Válvula ❑ Base ❑ Resalte (int/ext)	❑ Disco	❑ Zona de fijación
Descripción			

Esquema

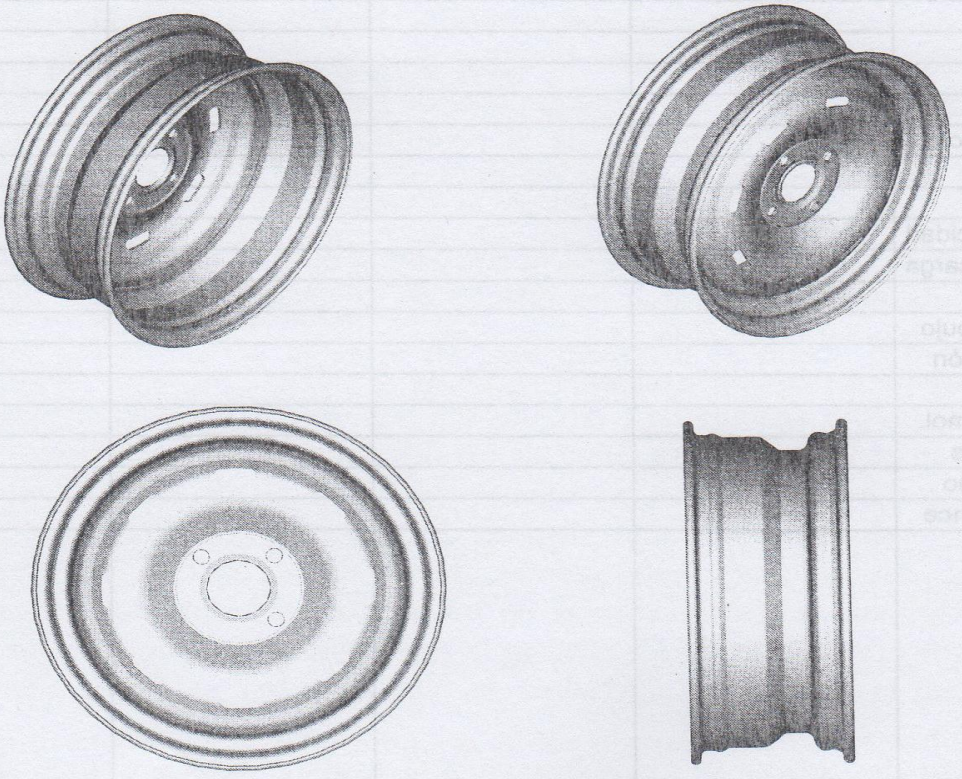


Figura 4.79 Ejemplo de ficha para el registro anomalías en ruedas

© ITES - Paraninfo

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Estudio del vehículo – Ruedas y neumáticos

Vehículo marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Anomalías en neumático.....

Banda de rodadura
- ❑ Grietas
- ❑ Separación
- ❑ Deterioro de la goma
- ❑ Cortes
- ❑ Desgaste
  - ❑ Localizado en una zona o arco
  - ❑ Circunferencial en un lado (ext / int)
  - ❑ Circunferencial en el centro
  - ❑ Progresivo entre hombros
    - ❑ Creciente de ext. a int.
    - ❑ Creciente de int. a ext.
  - ❑ En diente de sierra
  - ❑ Alternativo ext. int.
  - ❑ Irregular (gemelas)
  - ❑ Con pérdida de material

Profundidad máx.:
Profundidad mín.:

Hombros
- ❑ Grietas (int. / ext.)
- ❑ Deterioro de la goma (int. / ext.)
- ❑ Cortes (int. / ext.)
- ❑ Desgaste redondeado (int / ext.)

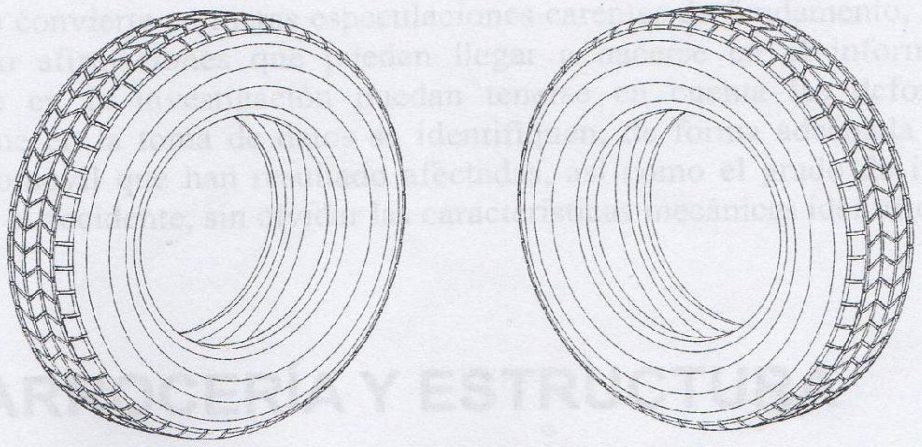
Costado o flanco
- ❑ Grietas (int. / ext.)
- ❑ Separación (int. / ext.)
- ❑ Deterioro de la goma (int. / ext.)
- ❑ Cortes (int. / ext.)
- ❑ Rotura (int. / ext.)
- ❑ Desgaste:
  - ❑ Uniforme en todo el costado (int. / ext.)
  - ❑ Circunferencial (int. / ext.)

Talón
- ❑ Grietas (int. / ext.)
- ❑ Rotura de la goma (int. / ext.)
- ❑ Rotura de alambres (int. / ext.)
- ❑ Desgaste localizado (int. / ext.)
- ❑ Desgaste uniforma (int. / ext.)

Carcasa
- ❑ Rotura

Parte interna
- ❑ Rotura
- ❑ Desconchado
- ❑ Estrías

Descripción y localización



Interior Exterior

Figura 4.80 Ejemplo de ficha para el registro anomalías en neumáticos

© ITES - Paraninfo

5

CHOQUE Y DEFORMACIÓN

Estudiar las deformaciones producidas en un vehículo que ha resultado implicado en un accidente es otro de los pilares básicos de una adecuada investigación que permitirá la evaluación de velocidades, trayectorias, ángulos y posiciones relativas de impacto, energías de deformación,... La omisión, total o parcial, del estudio y análisis de las deformaciones convierte en meras especulaciones carentes de fundamento, muchas de las conclusiones o afirmaciones que pueden llegar a hacerse en el informe final. Para conseguir que en la investigación puedan tenerse en cuenta las deformaciones, es inexcusable que en la toma de datos se identifiquen, de forma adecuada y precisa, las partes del automóvil que han resultado afectadas, así como el grado de implicación de tales partes en el accidente, sin olvidar las características mecánicas identificativas.

5.1 CARROCERÍA Y ESTRUCTURA

Un automóvil está constituido por dos grandes conjuntos que son el chasis o conjunto mecánico del vehículo, y la carrocería, destinada a transportar los pasajeros o la carga,

© ITES - Paraninfo

que va anclada al chasis. El chasis en cualquier tipo de automóvil está compuesto de los siguientes elementos:

1. Una estructura resistente
2. El motor y elementos de la transmisión
3. Los ejes delanteros, los ejes traseros y las ruedas
4. La suspensión, que une las ruedas o ejes al bastidor
5. El sistema de dirección
6. Los frenos

El principal elemento de un vehículo es la "estructura resistente", sobre la que se montan todos los elementos de aquél (carrocería, motor, transmisión, suspensión y ruedas). Dicha estructura se diseña y construye de dos formas, bien mediante el empleo de un bastidor resistente o bien utilizando una estructura autoportante o monocasco.

Cuando se utiliza un bastidor resistente, todos los elementos, incluida la carrocería, se anclan sobre un armazón o estructura. Esta solución se emplea en vehículos industriales y en turismos de gran tamaño y todoterreno, así como en vehículos con carrocerías de materiales plásticos o compuestos. El bastidor es un conjunto de elementos estructurales enlazados que soportan las diversas solicitaciones del vehículo y sus elementos.

La estructura autoportante es la configuración empleada en vehículos turismos, en los industriales ligeros y en algunos vehículos todoterreno ligeros (los denominados todo-camino). En esta configuración el bastidor se funde con la carrocería para generar un conjunto de elevada resistencia con bajo peso y unas mejores condiciones referentes a la seguridad pasiva.

EL BASTIDOR

Es el conjunto de elementos que constituyen la estructura resistente de un vehículo y es el elemento donde se anclan el resto de sistemas y subsistemas del vehículo. La estructura convencional está formada por dos largueros (situados en sentido longitudinal) y una serie de travesaños de unión, que optimizan la respuesta del vehículo.

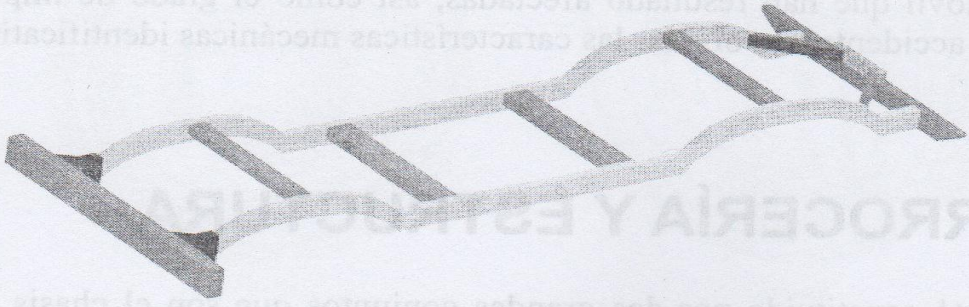


Figura 5.1 Bastidor

© *ITES - Paraninfo*

LA CARROCERÍA AUTOPORTANTE

Una carrocería autoportante o monocasco integra, en un único conjunto, las funciones estructurales de resistencia y de cubierta (tradicionalmente realizada por la carrocería). Este diseño se empezó a popularizar desde que en 1930 lo usara *Citroën* en sus vehículos, aunque su incorporación ha sido gradual, aplicándose inicialmente a turismos ligeros para llegar en la actualidad a incluirse en la práctica totalidad de los turismos, en numerosos vehículos industriales ligeros y en algunos todoterreno.

Se basa en el concepto de que todos los elementos del vehículo soporten las solicitaciones a las que está sometido. En los diseños modernos los vehículos se componen de diversos conjuntos o subchasis en los que se montan los diferentes mecanismos. El objetivo es minimizar problemas tales como ruidos o vibraciones al incluir elementos de conexión aislantes. Esto es lo que se conoce como construcción semiintegral y fue introducida hacia 1950 por *Daimler-Benz* en Alemania.

En la práctica, la carrocería o cuerpo de un turismo se construye mediante chapas conformadas que se unen por medio de soldadura por puntos o colas (pegamentos o adhesivos) estructurales. Los diferentes elementos resistentes que componen la carrocería suelen estar formados por cuerpos huecos, es decir, secciones cerradas de paredes delgadas, chapas y elementos de refuerzo que dotan al vehículo de las características mecánicas adecuadas. El conjunto deberá poseer una rigidez tal que asegure el correcto posicionamiento de todos los elementos que soporta, aun admitiendo que aparecerán deformaciones elásticas en el conjunto.

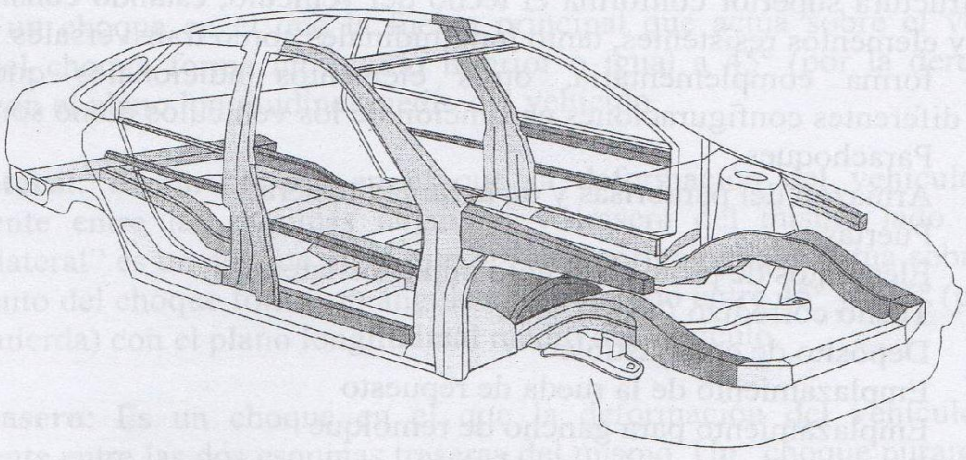


Figura 5.2 Estructura autoportante

Una carrocería autoportante está formada esencialmente por dos conjuntos de elementos:

- Exteriores, que conforman la carrocería exterior y son visibles directamente. Presentan funciones esencialmente aerodinámicas, estéticas y de seguridad, en lo relativo a la agresividad según su forma.

© *ITES - Paraninfo*

- Interiores, que configuran esencialmente la estructura resistente del vehículo.

La estructura del coche, sin tener en cuenta las puertas, puede considerarse dividida, más o menos, en tres partes diferenciadas: la estructura inferior, los elementos laterales y el techo. La estructura inferior es un vago recuerdo del bastidor de los vehículos no autoportantes y soporta las mayores solicitaciones. Suele estar formada por largueros longitudinales a ambos lados del vehículo, travesaños y chapas conformadas para incrementar la resistencia del conjunto. En vehículos con motor delantero y tracción trasera, esta estructura dejará paso a los elementos de la transmisión y del puente trasero mediante túneles y alojamientos adecuados. Sobre la estructura inferior se acoplan paneles, más o menos verticales, que delimitarán los diferentes volúmenes del vehículo, separando los compartimentos destinados al grupo motopropulsor, pasajeros y carga. Además, incorpora los pasos de rueda y los anclajes de elementos como suspensión y dirección o subchasis completos, tanto traseros como delanteros.

Los elementos laterales están formados esencialmente por unos anillos que reciben el nombre de montantes, hasta un total de tres o cuatro, denominados comúnmente por letras. El montante A será el que incluye el parabrisas delantero, el B el que se sitúa entre las puertas delanteras y traseras y el C el que se sitúa inmediatamente por detrás de las puertas traseras, o ventanillas si el vehículo no posee puertas traseras. En vehículos con carrocería familiar, los denominados *station wagon o break*, aparece un cuarto montante (D) o anillo en la parte posterior del vehículo, incluyendo la luna o parabrisas trasero. Estos montantes son vigas, elementos tubulares, vigas cerradas o cajón, que se enlazan a la base y estructura del techo del vehículo por medio de uniones reforzadas y compuestas. Esta estructura se completa con las aletas y pasos de rueda, así como con otros elementos externos. La estructura superior conforma el techo del vehículo, estando constituida por una gran chapa y elementos resistentes, tanto longitudinales como transversales.

Existen, de forma complementaria, otros elementos adicionales que pueden presentarse con diferentes configuraciones en función de los vehículos como son:

- ✓ Parachoques
- ✓ Armazón del parabrisas y de la luneta trasera
- ✓ Puertas
- ✓ Elementos de protección ante impactos laterales
- ✓ Techo corredizo / techo solar
- ✓ Depósito de combustible
- ✓ Emplazamiento de la rueda de repuesto
- ✓ Emplazamiento para gancho de remolque
- ✓ Puntos para elevación con el gato

Aparte de los diseños clásicos de los modelos sedán[1] y berlina[2], hay una amplia serie de diseños:

[1] Automóvil de turismo con cubierta fija.
[2] Coche de cuatro puertas.

© *ITES - Paraninfo*

- Coupes.
- Familiares[3].
- Los modelos sedán de gran capacidad o monovolúmenes[4].
- Furgonetas.
- Coches pequeños o mini-coches (subcompact).
- Vehículos de uso fuera de carretera (todoterreno o todo-camino).
- Vehículos abiertos, descapotables o cabrio.
- Coches deportivos.

5.2 CHOQUE Y DEFORMACIÓN

Para iniciar el estudio de las deformaciones producidas en un accidente conviene considerar algunas definiciones tomadas de la norma UNE 26-403-90.

Choque: Contacto brusco ente dos vehículos o entre un vehículo y un obstáculo. Un choque se caracteriza por los siguientes factores:

- Tipo de choque.
- Dirección e intensidad de la fuerza principal que actúa sobre el vehículo.
- Deformación.
- Zona de choque.

Choque frontal: Choque en el que la deformación del vehículo se localiza principalmente entre las dos esquinas delanteras del mismo. Un "choque puramente frontal" es un choque en el que la fuerza principal que actúa sobre el vehículo en el momento del choque forma un ángulo inferior o igual a 45° (por la derecha o por la izquierda) con el plano longitudinal medio del vehículo.

Choque lateral: Es un choque en el que la deformación del vehículo se localiza principalmente entre las esquinas delantera y trasera del mismo lado. Un "choque puramente lateral" es un choque en el que la fuerza principal que actúa sobre el vehículo en el momento del choque forma un ángulo comprendido entre 45° y 135° (por la derecha o por la izquierda) con el plano longitudinal medio del vehículo.

Choque trasero: Es un choque en el que la deformación del vehículo se localiza principalmente entre las dos esquinas traseras del mismo. Un "choque puramente trasero" es un choque en el que la fuerza principal que actúa sobre el vehículo en el momento del choque forma un ángulo superior o igual a 135° (por la derecha o por la izquierda) con el plano longitudinal medio del vehículo.

---

[3] Dicho especialmente de un coche: De muchos asientos.

[4] Se dice de un tipo de automóvil de turismo en el que el motor, los asientos de los pasajeros y el maletero ocupan un solo espacio.

© ITES - Paraninfo

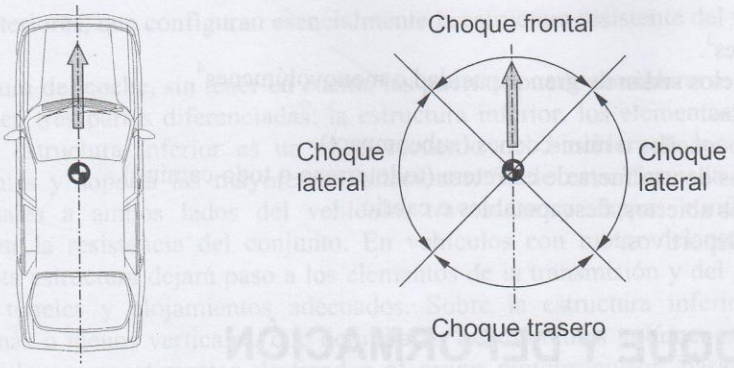
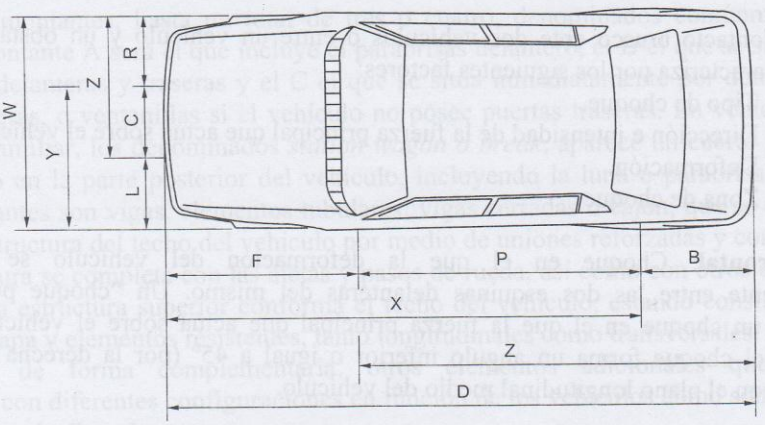


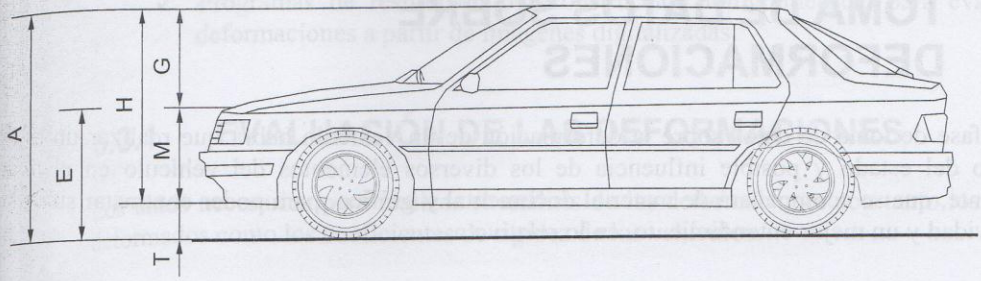
Figura 5.3 Localización del choque en un vehículo



Localización específica horizontal		
Zona frontal, y trasera	R	1/3 derecho
	C	1/3 central
	L	1/3 izquierdo
	Y	2/3 izquierdo
	Z	2/3 derecho
	W	En toda su anchura
Zona lateral, lados derecho e izquierdo	F	Parte delantera
	P	Parte central
	B	Parte trasera
	X	Parte delantera y central
	Z	Parte trasera y central
	D	En toda su longitud

Figura 5.4a Localización del choque, proyección horizontal

© ITES - Paraninfo



Localización específica		
Zona frontal, trasera, lateral	G	Por encima de la línea de cintura
	M	Entre la línea de cintura y el suelo del vehículo
	T	Del suelo del vehículo al suelo
	H	Del techo al suelo del vehículo
	E	De la línea de cintura al suelo
	A	En toda su altura

Figura 5.4b Localización del choque, vista lateral

Ángulo de choque: Ángulo formado por dos planos verticales, uno de ellos el plano longitudinal medio del vehículo, y el otro el que contiene la fuerza principal que actúa sobre ese vehículo. Este ángulo se mide sobre el vehículo a partir de la parte frontal, por la derecha o por la izquierda, y es inferior a 180°.

Fuerza principal: Valor máximo de la resultante de las fuerzas que actúan deformando y desplazando al vehículo en el momento del choque.

Deformación: Desplazamiento de uno o varios puntos de componentes del vehículo con relación a su posición relativa sobre el mismo antes del choque.

Este desplazamiento se mide paralelamente a un plano principal vertical apropiado del vehículo, que mida el valor máximo (por un solo punto) o un valor medio para una superficie más o menos grande.

Localización del choque: La localización del choque se define por la zona de deformación. Las zonas principales se reparten horizontal y verticalmente según las figuras 5.3 y 5.4.

Punto R (según UNE 26-401-89): Punto de referencia, indicado por el fabricante del vehículo, que corresponde a la posición normal de utilización más retrasada de cada asiento, prevista por el fabricante del vehículo.

© *ITES - Paraninfo*

5.3 TOMA DE DATOS SOBRE DEFORMACIONES

En la fase de toma de datos sobre la deformación de un vehículo habrá que realizar un estudio del estado y posible influencia de los diversos elementos del vehículo en el accidente, que se acompañará de material documental y gráfico, para poder contrastar su objetividad y un mejor entendimiento, en lo relativo a:

- ✓ Descripción completa de estado general y mantenimiento.
- ✓ Detalles y puntos singulares (reparaciones, modificaciones, anclajes exteriores, etc.).
- ✓ Daños y deformaciones plásticas:
  - Zonas afectadas, detalle de localización y afección.
  - Evaluación del choque:
    - Tipo.
    - Dirección y Sentido.
    - Deformación.
  - Extensión total, diferenciando el daño directo, daño inducido y daño total.
  - Desgarros en la chapa y evidencias de enganches o arrastres.
  - Restos de pintura de otros vehículos o mobiliario del entorno.
  - Otros restos sobre la carrocería: tierra, vegetales, orgánicos, cemento, etc.
  - Afección de los bajos del vehículo (raspaduras, desgastes, etc.).
  - Evidencias de vuelco.
  - Compatibilidad geométrica y mecánica de los diversos elementos.

De forma complementaria, y para una correcta investigación del choque, hay que determinar las características mecánicas de los elementos intervinientes. Estos valores provienen de ensayos de impacto realizados en laboratorios y centros de estudio especializados y son, en su gran mayoría, comercializados como bases de datos de libre acceso o asociadas a programas de cálculo para la investigación de accidentes de tráfico.

Los materiales necesarios para correcta toma de datos de las deformaciones de un vehículo serán:

- ✓ Elementos de medida y referencia, como reglas, niveles, medidores sin contacto (láser, infrarrojos, ultrasonidos, etc.) o con contacto (palpadores, comparadores, calibres, micrómetros, etc.).
- ✓ Datos de los despieces y partes estructurales y carrocería de los vehículos.
- ✓ Bases de datos de las características mecánicas de deformación de los vehículos.
- ✓ Medidores de espesores de chapa y perfiles.
- ✓ Material para fotografía y digitalización de imágenes.

© *ITES - Paraninfo*

✓ Programas de restitución o reconstrucción fotogramétrica, para evaluar las deformaciones a partir de imágenes digitalizadas.

5.3.1 EVALUACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

Los datos necesarios para realizar el análisis de las deformaciones son tanto los perfiles deformados como los coeficientes de rigidez de los vehículos.

Medición simplificada de los perfiles deformados

De forma aproximada el perfil deformado se puede analizar a partir de una vista en planta. Para ello se compara la forma (proyección horizontal) del vehículo después del impacto con la del vehículo sin deformar. Esta metodología es la aplicada por diversos programas sencillos de investigación de accidentes de tráfico, basados en el algoritmo *CRASH*. Los programas originales tomaban un total de 2, 4 ó 6 mediciones a distancias fijas (perfil estándar), mientras que los desarrollos más modernos (perfil variable) permiten evaluar hasta 20 puntos con separaciones variables entre ellos.

La longitud del área deformada (L_f) define la zona deformada e incluye tanto la deformación directa (con contacto) como la inducida (producida sin contacto con el otro vehículo). La posición del perfil deformado se refiere al centro de gravedad del vehículo por medio de la cota D, que en el caso estándar se mide respecto a la mitad de L_f. Las deformaciones C' se suelen tomar respecto a una línea referencia a una distancia conocida respecto al eje trasero (figura 5.5 y 5.6). Para conocer las diferentes deformaciones (C), hay que tener en cuenta el perfil sin deformar del vehículo (figuras 5.9 a 5.11). Es decir, el valor de C será el valor C' menos la distancia de la línea de referencia al perfil sin deformar del vehículo. Las medidas de las deformaciones se suelen tomar a la altura del paragolpes del vehículo. Si la colisión se produce tanto por encima, como por debajo o sobre el paragolpes, tendrán que tenerse en cuenta y promediarse los valores obtenidos a diferentes alturas.

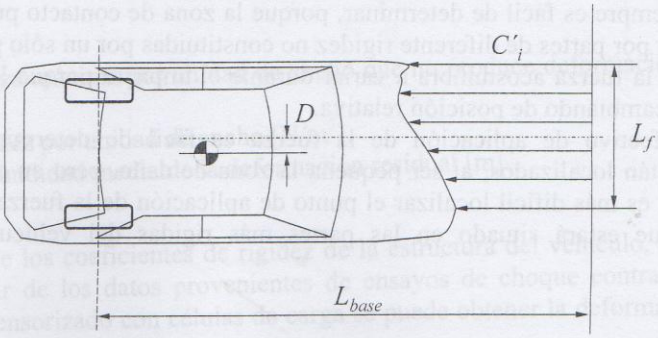


Figura 5.5 Medida estándar del perfil deformado

© ITES - Paraninfo

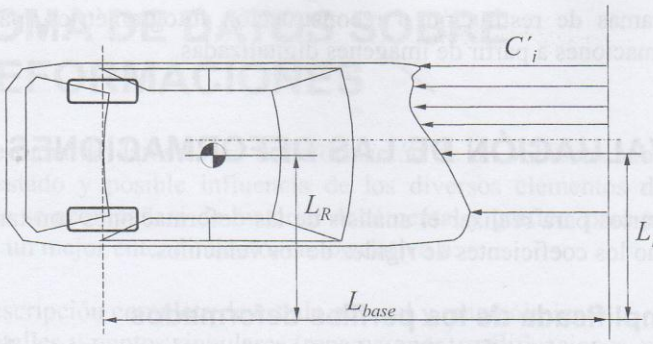


Figura 5.6 Medida variable del perfil deformado

Los valores de las rigideces, originariamente, estaban contenidos en tablas donde el parque de vehículos se clasifica en cinco grandes grupos en función de la batalla[5]. Esta clasificación, aunque cuando se propuso (inicio de los años 70) era adecuada, en la actualidad, las modificaciones de peso y dimensiones de los vehículos modernos la invalida, en términos generales. Para una correcta investigación de un accidente de tráfico, por tanto, deberá disponerse de valores adecuados para los vehículos a estudiar.

Para determinar las fuerzas de contacto es importante distinguir entre los daños directos y los inducidos. Los daños directos son aquellos que son originados por un contacto directo con otro vehículo, objetos, animales, personas, etc. Los daños inducidos, en cambio, son aquellos que se producen en algún punto del vehículo como una consecuencia de la deformación del mismo. La distinción entre los dos tipos de daños puede ayudar a establecer la posición exacta de los vehículos durante la colisión y la existencia de más de una colisión en el mismo accidente.

El solapamiento de dos vehículos o de un vehículo y otro objeto durante la colisión se pone de manifiesto por la zona de daños por contacto en los vehículos y objetos. El área de daños ha de coincidir en los dos objetos que han colisionado.

Las deformaciones del vehículo indicarán la dirección de la fuerza de contacto. Esta dirección no siempre es fácil de determinar, porque la zona de contacto puede ser amplia y estar formada por partes de diferente rigidez no constituidas por un sólo plano. Además, la dirección de la fuerza acostumbra a variar durante el impacto porque los vehículos se mueven y van cambiando de posición relativa.

El punto efectivo de aplicación de la fuerza es fácil de determinar cuando los desperfectos están localizados, al ser pequeña la zona de daño, pero en caso de grandes deformaciones, es más difícil localizar el punto de aplicación de la fuerza. En general se puede decir que estará situado en las partes más rígidas del vehículo que se han deformado.

[5] Distancia de eje a eje en los carruajes (vehículos) de cuatro ruedas.

© *ITES - Paraninfo*

Han de tomarse las dimensiones del vehículo después de la colisión para compararlas con las de un vehículo del mismo tipo sin daños y poder establecer así las longitudes de deformación.

Coeficientes de rigidez estructural

Para realizar el análisis de daño a partir de unos coeficientes globales de deformación de la estructura se toma como hipótesis que durante la colisión la fuerza es una función lineal de la profundidad de deformación residual (deformación plástica).

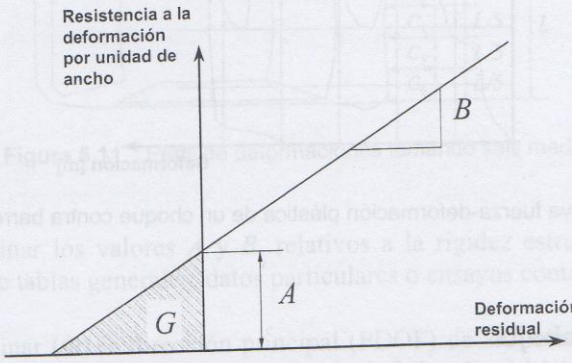


Figura 5.7 Modelo linealizado de fuerza-deformación plástica de un vehículo

Si se considera un comportamiento lineal, o linealizado, la relación entre la fuerza de impacto (f) por unidad de longitud y la profundidad de la deformación se evalúa con la expresión:

$$f = A + B \cdot C$$

Donde:

A: Fuerza máxima por unidad de ancho que no produce deformación permanente [N/m].
B: Rigidez por unidad de ancho [N/m^2].
C: Profundidad media de la deformación residual [m].

La obtención de los coeficientes de rigidez de la estructura del vehículo, habitualmente, se hace a partir de los datos provenientes de ensayos de choque contra barrera. Si el vehículo está sensorizado con células de carga se puede obtener la deformación dinámica

© ITES - Paraninfo

del vehículo en función de la fuerza de la colisión. De estos diagramas se puede obtener la deformación residual a utilizar en la reconstrucción de los accidentes con colisión.

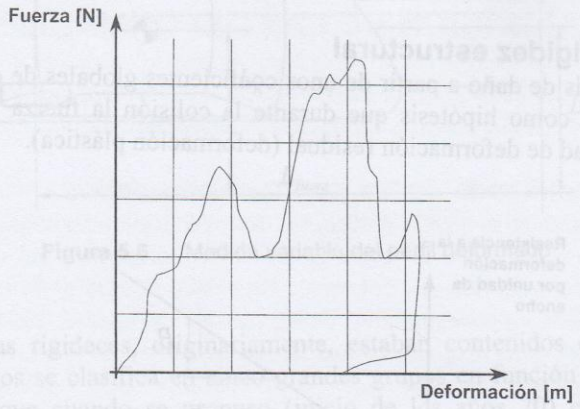


Figura 5.8 Curva fuerza-deformación plástica de un choque contra barrera rígida

Metodología de trabajo

La fase de toma de datos sobre las deformaciones estructural se puede ordenar según los pasos indicados a continuación:

1. Determinar las deformaciones del vehículo, teniendo en cuenta el perfil (proyectado en planta) antes de la colisión.

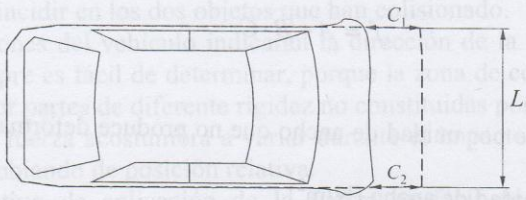


Figura 5.9 Perfil de deformaciones tomando dos mediciones

© *ITES - Paraninfo*

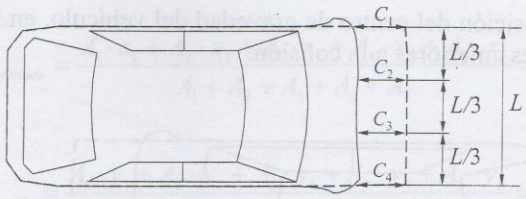


Figura 5.10 Perfil de deformaciones tomando cuatro mediciones

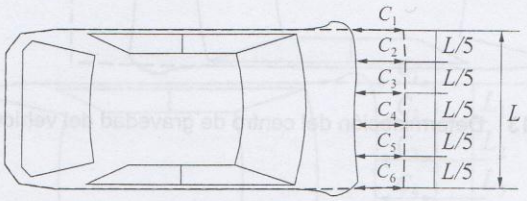


Figura 5.11 Perfil de deformaciones tomando seis mediciones

2. Determinar los valores A y B, relativos a la rigidez estructural del vehículo, a partir de tablas generales, datos particulares o ensayos contra barrera.

3. Determinar (Φ) la dirección principal (PDOF) de la fuerza de la colisión (F_c), a partir de las deformaciones observadas en el vehículo, marcas y restos, trayectorias posteriores al impacto, movimiento de los ocupantes,... Esta dirección es común para los dos vehículos.

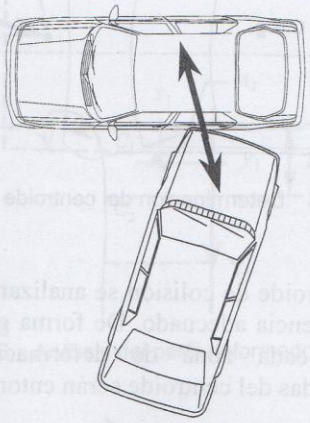


Figura 5.12 Fuerza principal de impacto

© ITES - Paraninfo

4. Determinar la posición del centro de gravedad del vehículo, en la vista en planta, en las condiciones anteriores a la colisión.

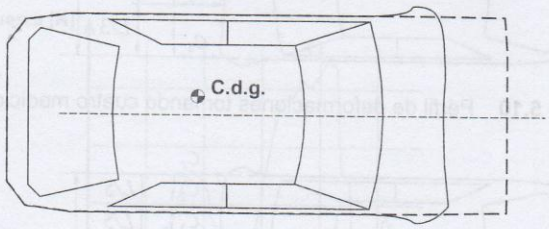


Figura 5.13 Determinación del centro de gravedad del vehículo

5. Determinar, bien por ensayos o a partir de datos del vehículo, el momento de inercia de giro del vehículo respecto al eje z (I_z), y obtener el radio de inercia (r_z) en planta, en las condiciones anteriores a la colisión, teniendo en cuenta que:

$$I_z = m \cdot r_z^2$$

6. Calcular el centroide de colisión, es decir, el punto donde se supone aplicada la fuerza resultante de la colisión

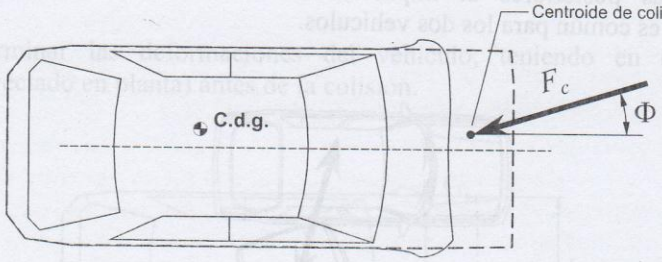


Figura 5.14 Determinación del centroide de colisión

Para la determinación del centroide de colisión se analizará la deformación del vehículo, definiendo un sistema de referencia adecuado. De forma general, se evaluará la posición del centro geométrico de cada zona de deformación considerada, y el área correspondiente. Las coordenadas del centroide serán entonces:

© *ITES - Paraninfo*

$$X_{centroide} = \frac{A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 + A_3 \cdot x_3 + A_4 \cdot x_4 + A_5 \cdot x_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} = \frac{\sum_i A_i \cdot x_i}{\sum_i A_i}$$

$$Y_{centroide} = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4 + A_5 \cdot y_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} = \frac{\sum_i A_i \cdot y_i}{\sum_i A_i}$$

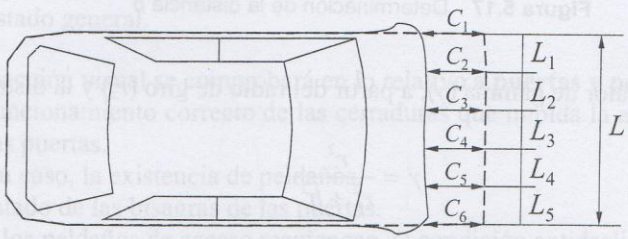


Figura 5.15 Perfil deformado del vehículo

Si las zonas de deformadas se asimilan a trapecios, se pueden evaluar las áreas (A_i) y las coordenadas x_i, de cada zona deformada según las expresiones:

$$A_i = \frac{C_i + C_{i+1}}{2} \cdot L_i \qquad x_i = \frac{C_i + C_{i+1}}{4}$$

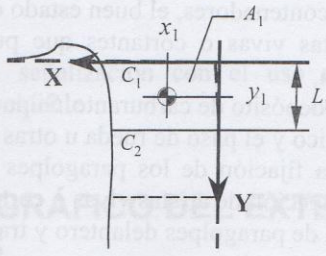


Figura 5.16 Análisis del perfil deformado del vehículo

7. Determinar la distancia (h) del centro de gravedad del vehículo a la línea de acción de la fuerza de la colisión (F_c).

© ITES - Paraninfo

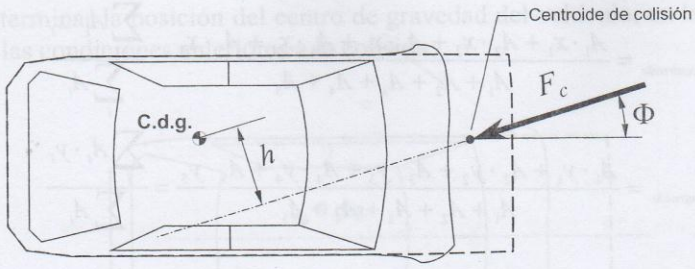


Figura 5.17 Determinación de la distancia *h*

8. Calcular el valor de gamma (γ), a partir del radio de giro (r_z) y la distancia *h*

$$\gamma = \frac{r_z^2}{r_z^2 + h^2}$$

9. Repetir el proceso para todos los vehículos implicados.

De forma complementaria mediante inspección visual se comprobará:

- ✓ El estado de la estructura de la carrocería prestando especial atención a los efectos de oxidación o corrosión. Esta última se podrá verificar mediante presión en el lugar afectado para evaluar su importancia.
- ✓ En su caso, el acoplamiento de la carrocería al chasis.
- ✓ En su caso, estado general de los largueros y travesaños. Los largueros no pueden presentar taladros en las alas (salvo los previstos en origen por el fabricante del autobastidor), ni desperfectos mecánicos ni síntomas de corrosión.
- ✓ En su caso, sistema de elevación de las cabinas basculantes.
- ✓ En las plataformas portacontenedores, el buen estado de los anclajes.
- ✓ La inexistencia de aristas vivas o cortantes que puedan causar lesiones a los usuarios de la vía pública.
- ✓ Existencia del tapón del depósito de carburante. Si puede abrirse accidentalmente.
- ✓ El juego entre el neumático y el paso de rueda u otras partes del vehículo.
- ✓ En su caso, la adecuada fijación de los paragolpes y su buen estado prestando especial atención a la detección de aristas vivas o cortantes.
- ✓ En su caso, la existencia de paragolpes delantero y trasero.

Mediante inspección visual se comprobará, en lo relativo a **sistemas de acoplamiento**:

- Diligencia expresada en la tarjeta ITV.
- Los dispositivos mecánicos instalados deben coincidir con lo expresado en la tarjeta ITV.

© *ITES - Paraninfo*

- El estado de los dispositivos mecánicos, neumáticos y eléctricos, verificando el funcionamiento de la instalación eléctrica.
- La fijación de los dispositivos.
- En los remolques con *MMA* ≤ 1500 kg la existencia de dispositivo secundario.
- La inexistencia de manipulaciones en los dispositivos de acoplamiento.

Mediante inspección visual se comprobará en lo relativo a guardabarros y dispositivos **antiproyección**:

- La existencia de guardabarros o dispositivos antiproyección.
- La fijación.
- El estado general.

Mediante inspección visual se comprobará en lo relativo a **puertas y peldaños**:

- El funcionamiento correcto de las cerraduras que impida la apertura no deseada de las puertas.
- En su caso, la existencia de peldaños.
- El estado de las bisagras de las puertas.
- Que los peldaños de acceso mantengan su condición antideslizante.
- Verificar que un peldaño no sea un cubo de rueda.
- La existencia de asideros cuando sean obligatorios.
- El funcionamiento correcto del mecanismo de cierre del capot delantero.
- La existencia de dispositivos reglamentarios que permitan la apertura y el cierre de las puertas del vehículo, tanto desde el exterior como desde el interior del mismo.

Mediante una inspección visual de las señales se comprobará:

- Su existencia y número en caso de obligatoriedad.
- Su estado: legibilidad.
- Señales reglamentarias.
- Emplazamiento.
- Fijación de la señal.
- Coincidencia de la señalización con el uso del vehículo indicado en la documentación del vehículo.

5.3.2 REGISTRO GRÁFICO DEL EXTERIOR DE LOS VEHÍCULOS

El mejor lugar para la una toma inicial de imágenes será siempre el lugar del accidente, donde, como se comentó en el capítulo 2, correspondiente a la escena, se pueden registrar gráficamente diversos aspectos no sólo del accidente, sino del todos los aspectos intervinientes. En lo relativo al vehículo y a su exterior, para la investigación del accidente, será necesario tomar imágenes tanto generales como de detalle. En caso de

© ITES - Paraninfo

tomar imágenes una vez que se ha movido el vehículo e incluso se ha trasladado a otra ubicación, habrá que tratar de identificar los daños y marcas previos al accidente, los originados en el accidente propiamente dicho y los relativos a las acciones posteriores de evacuación, manipulación, transporte y almacenamiento. Será, por tanto, necesario recopilar información relativa a todos estos aspectos, para poder interpretar adecuadamente las evidencias observadas en los vehículos analizados.

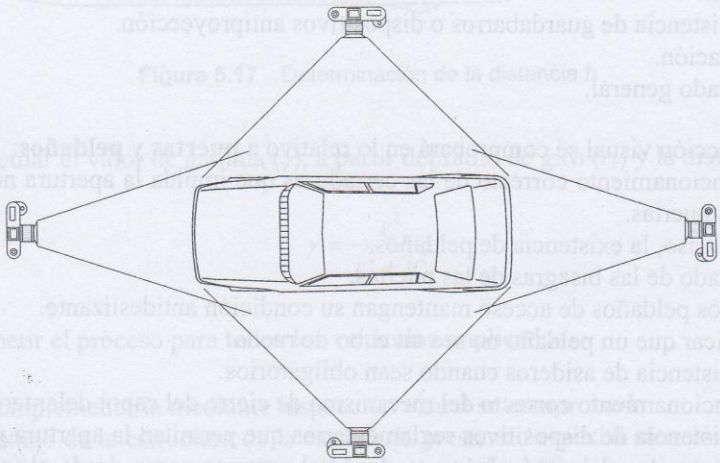


Figura 5.18 Registro general del estado del vehículo con cuatro imágenes

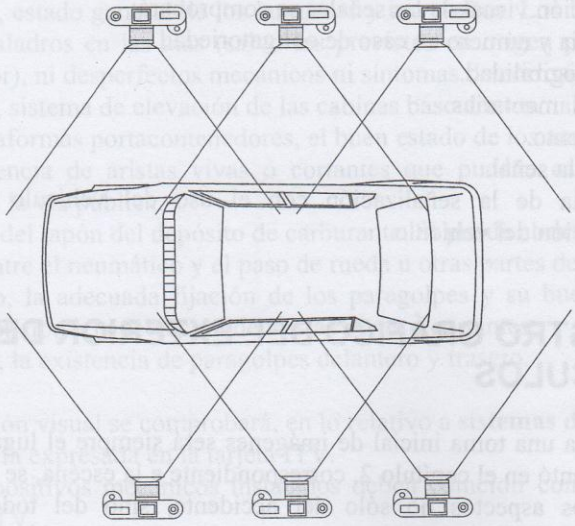


Figura 5.19 Registro del estado de los laterales del vehículo

© *ITES - Paraninfo*

Es aconsejable que en todas las imágenes registradas (fotografía, viedograbaciones,...) tengan información para una inequívoca identificación del accidente, fecha y lugar de la toma de datos, vehículos, zonas objeto de estudio y personal que las realiza. De forma complementaria se incluirán en las imágenes referencias visuales para la identificación de dimensiones, del tipo de escalas graduadas u objetos de medidas conocidas (testigos).

En caso de que la luminosidad no sea suficiente para una adecuado registro se deberá considerar la necesidad de hacer uso de sistemas de iluminación externa complementaria y adecuar el soporte gráfico (por ejemplo la sensibilidad de la película, en el caso de fotografía convencional).

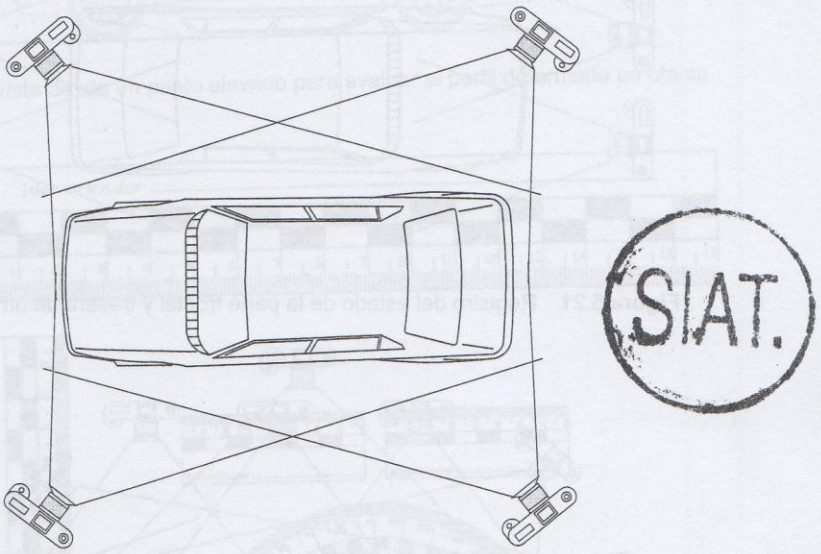


Figura 5.20 Registro del estado del vehículo desde puntos oblicuos

Por su parte, la cámara o sistema de registro deberá tener una profundidad de campo adecuada a las distancias y tamaños a registrar, para un correcto encuadre y enfoque.

Lo más adecuado, en general suele ser realizar y presentar una secuencia de imágenes de lo general a lo particular, es decir de plano amplios a detalles específicos o puntos concretos que presenten evidencias importantes como marcas de pintura, sangre, oxidaciones, restos textiles,...

Las fotografías e imágenes generales (figura 5.18) suelen tomarse con objetivos de distancia focal corta, y por tanto de mayor amplitud de campo. Estas imágenes servirán para identificar los vehículos y las regiones de daños y defectos.

© ITES - Paraninfo

En función de las deformaciones y daños, puede ser interesante la toma de imágenes desde un punto elevado (figura 5.23), para una adecuada evaluación de la zona deformada.

En la fase de la toma de imágenes hay que tener en cuenta la posible utilización, a posteriori, de software de reconstrucción fotogramétrica, con lo que habrá que considerar la calibración de la cámara y el resto de opciones de las aplicaciones informáticas a utilizar.

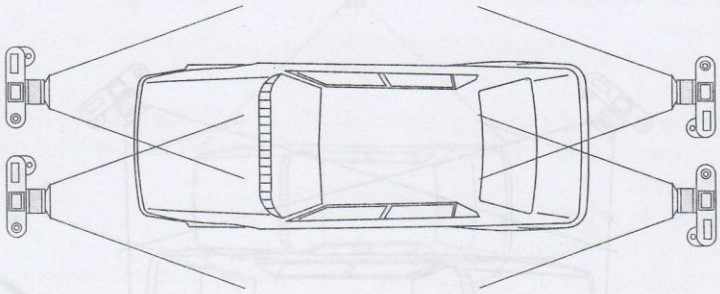


Figura 5.21 Registro del estado de la parte frontal y trasera de un vehículo

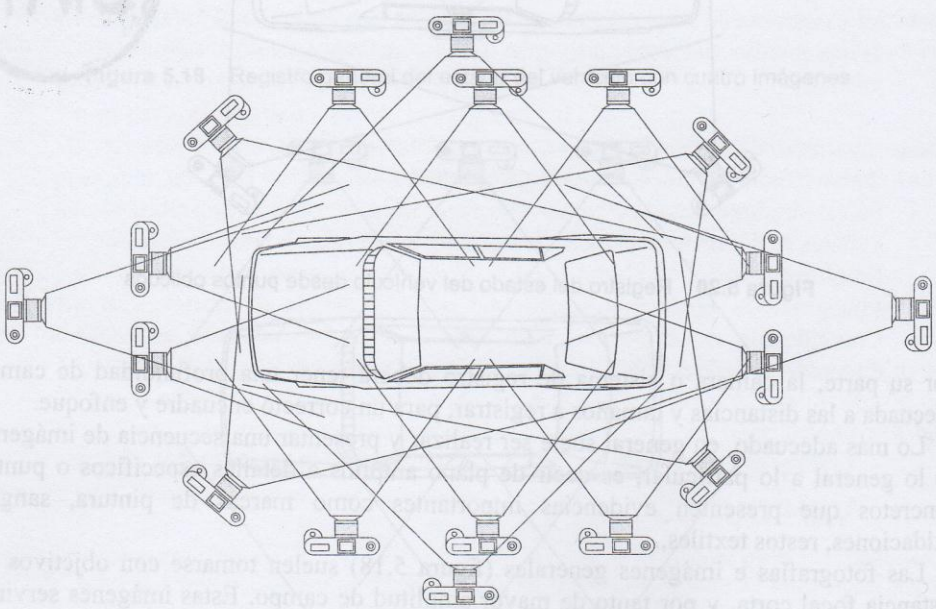


Figura 5.22 Registro del estado de la parte frontal, laterales y trasera de un vehículo

© *ITES - Paraninfo*

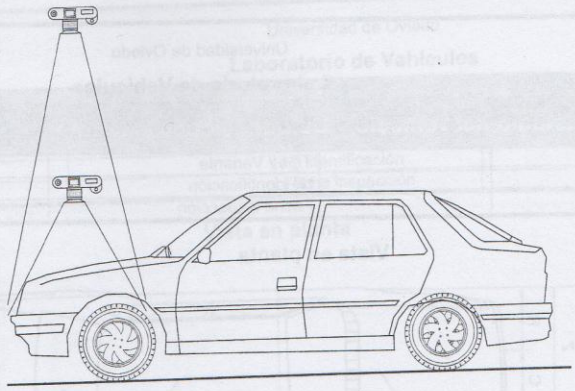
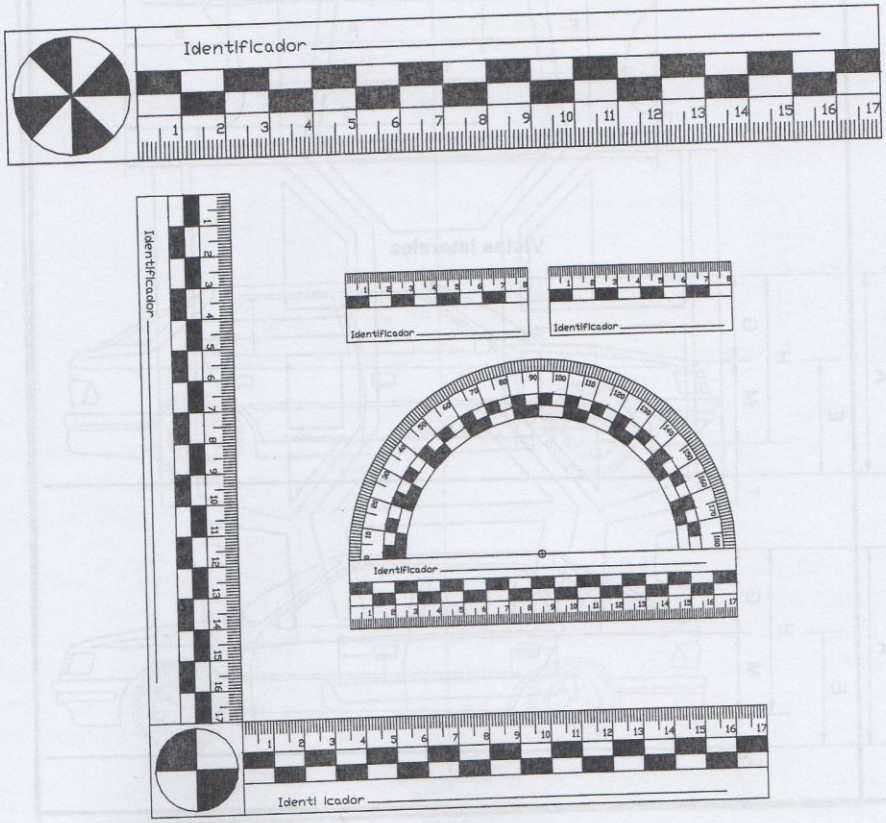


Figura 5.23 Vista desde un punto elevado para evaluar el perfil deformado en planta


Identificador
Identificador
Identificador

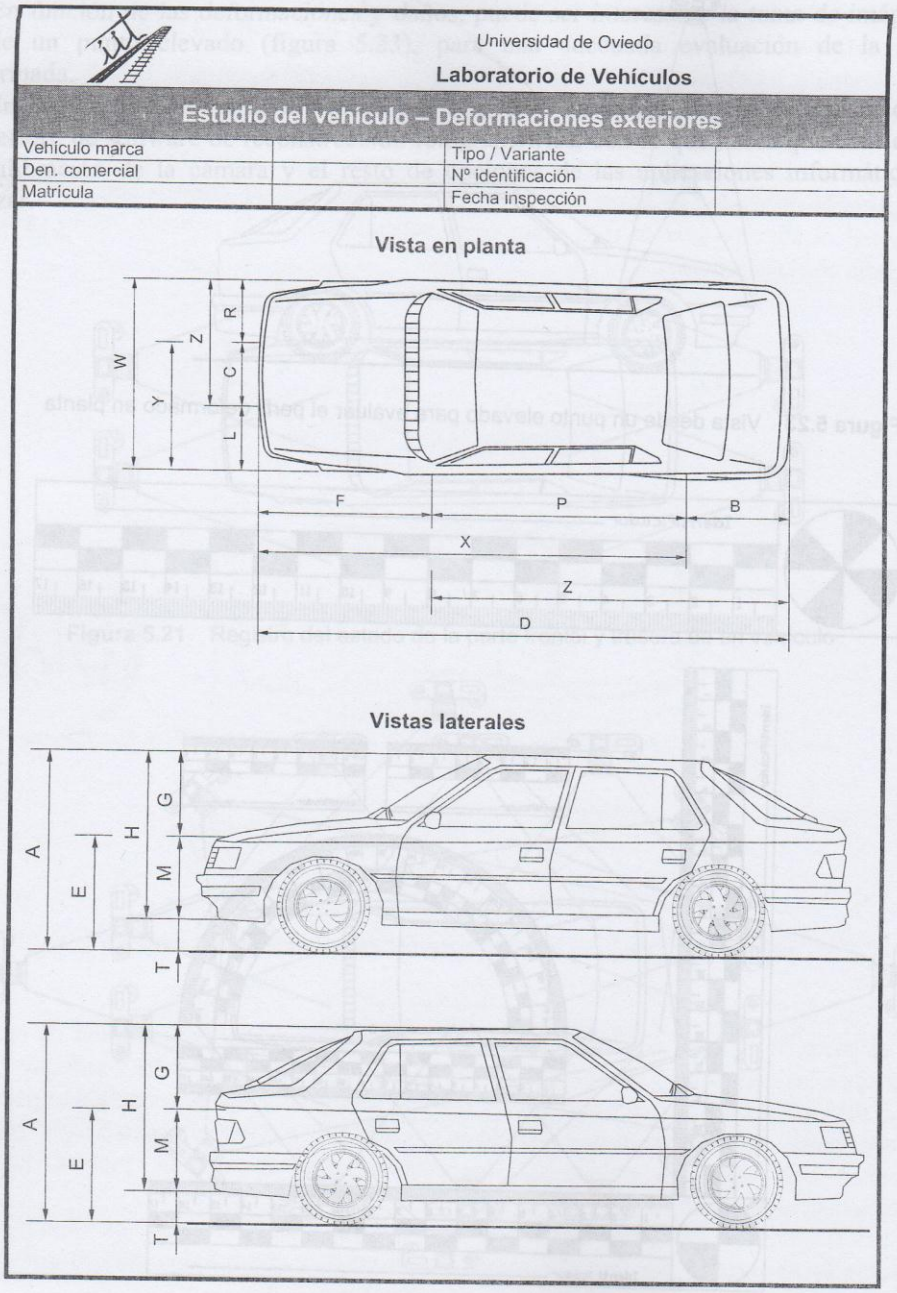


Figura 5.25 Ejemplo de ficha para localización de deformaciones

© *ITES - Paraninfo*

Universidad de Oviedo

Laboratorio de Vehículos

Estudio del vehículo – Deformaciones exteriores

Vehículo marca		Tipo / Variante	
Den. comercial		Nº identificación	
Matrícula		Fecha inspección	

Vista en planta

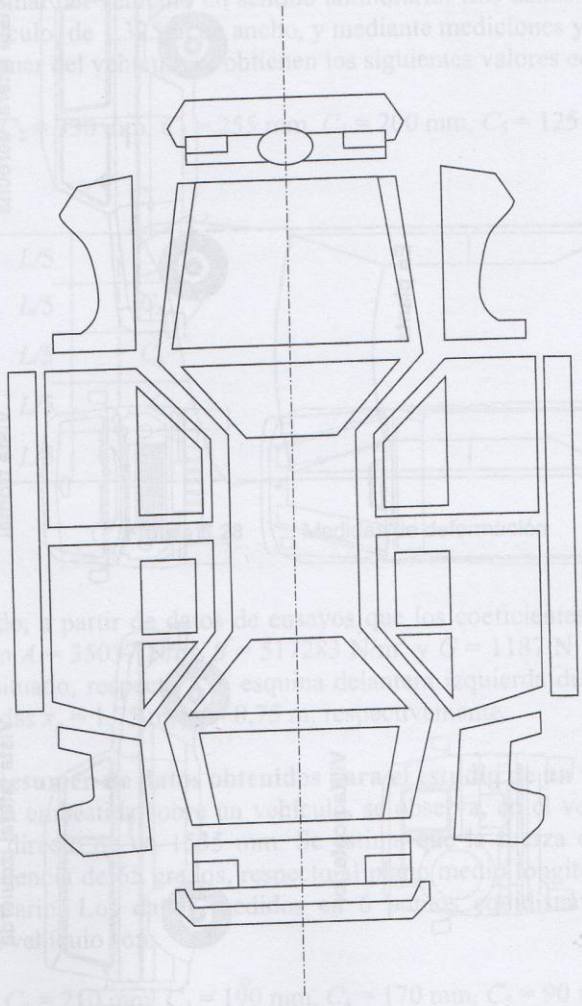


Figura 5.26 Localización del choque, despiece proyectado en planta

© ITES - Paraninfo

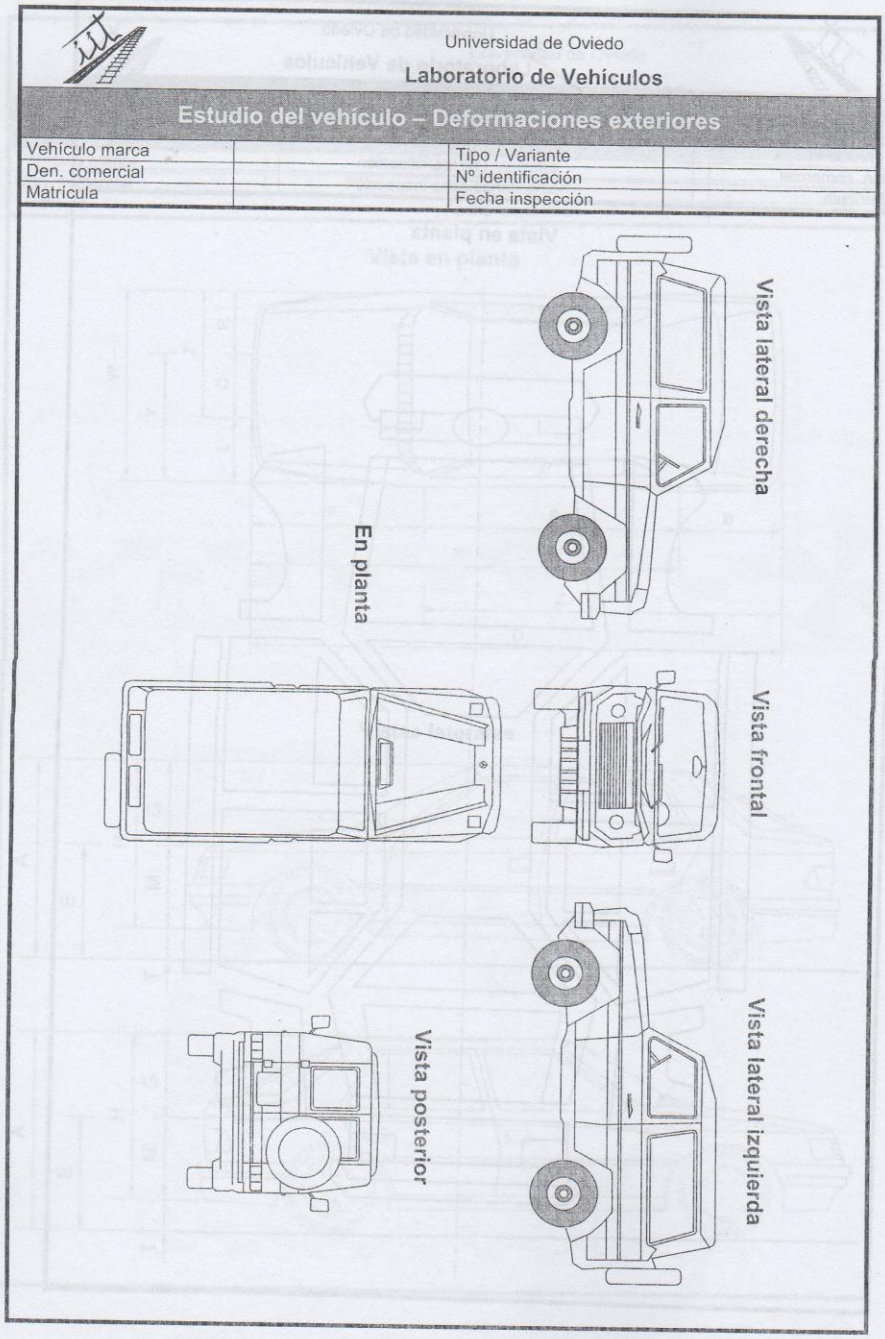


Figura 5.27 Localización del choque, vistas de un vehículo tipo todoterreno

© ITES - Paraninfo

5.3.3 EJEMPLOS DE APLICACIÓN – CASOS GENERALES

Ejemplo 1 – Resumen de datos obtenidos para el estudio de un vehículo
Se tiene un vehículo con una masa en carga de 1325 kg y un momento de inercia respecto al eje Z de valor 1150 kgm^2, que presenta una deformación plástica debida a una colisión frontal angular contra un muro, que se considera prácticamente indeformable. Se estima que la fuerza de la colisión tiene un ángulo de incidencia de 15 grados, respecto al plano medio longitudinal del vehículo en sentido antihorario. Los daños afectan a toda la parte frontal del vehículo, de 1,325 m de ancho, y mediante mediciones y comparaciones con el perfil sin deformar del vehículo se obtienen los siguientes valores equidistantes:

$C_1 = 380$ mm, $C_2 = 330$ mm, $C_3 = 255$ mm, $C_4 = 200$ mm, $C_5 = 125$ mm, $C_6 = 77$ mm.

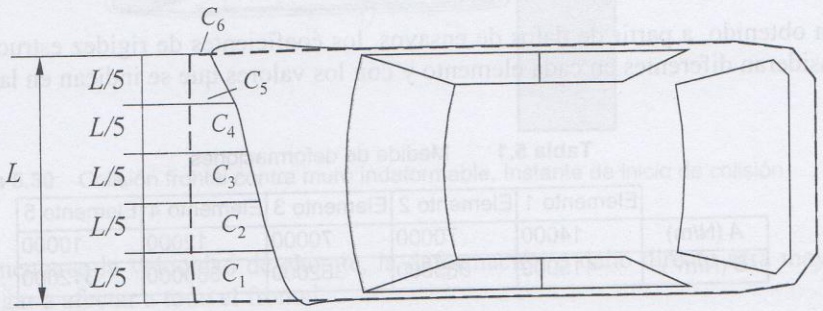


Figura 5.28 Medidas de deformación

Se han obtenido, a partir de datos de ensayos que los coeficientes de rigidez estructural del modelo son $A = 35037$ N/m, $B = 517283$ N/m^2 y $G = 1187$ N. El centro de gravedad se encuentra situado, respecto a la esquina delantera izquierda del perfil sin deformar a unas coordenadas $x_g = 1{,}75$ m, $y_g = 0{,}75$ m, respectivamente.

Ejemplo 2 – Resumen de datos obtenidos para el estudio de un vehículo
Al investigar la embestida sobre un vehículo, se observa, en el vehículo embestido, una zona de daño directo de un 1535 mm. Se estima que la fuerza de la colisión tiene un ángulo de incidencia de 65 grados, respecto al plano medio longitudinal del vehículo, en sentido antihorario. Los daños medidos en 6 puntos equidistantes, en todo el perfil deformado del vehículo son:

$C_1 = 315$ mm, $C_2 = 210$ mm, $C_3 = 190$ mm, $C_4 = 170$ mm, $C_5 = 90$ mm, $C_6 = 50$ mm.

© ITES - Paraninfo

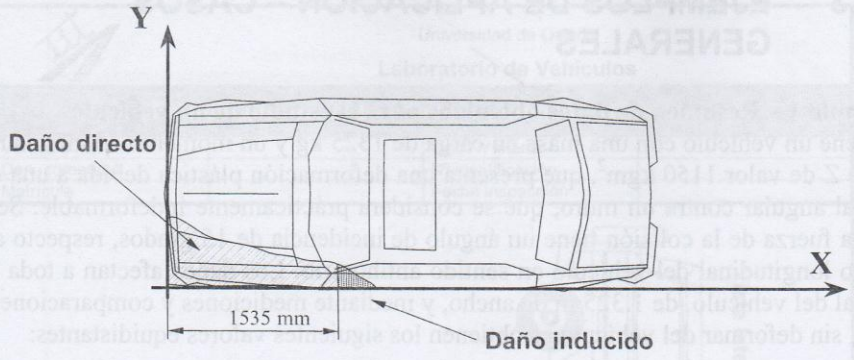


Figura 5.29 Zona de deformación. Daño directo y daño inducido

Se han obtenido, a partir de datos de ensayos, los coeficientes de rigidez estructural, que se consideran diferentes en cada elemento y con los valores que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 5.1 Medida de deformaciones

	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4	Elemento 5
A (N/m)	14000	70000	70000	12000	10000
B (N/m^2)	415000	385000	352000	360000	312000

5.3.4 ALGUNAS CONSIDERACIONES – CASOS PARTICULARES

Choque, contra objeto fijo

Cuando un vehículo choca frontalmente contra un objeto que se puede considerar indeformable, como puede ser un muro, un talud, un edificio, etc., la energía cinética se transformará, esencialmente, en energía de deformación. Esta deformación será una combinación de plástica y elástica. La parte plástica será la que produce el perfil final del vehículo accidentado, que en este caso presentará una deformación más o menos igual en todo el frontal. La parte de energía elástica se "devuelve" al coche en forma de energía cinética, es la que produce la repulsión hacia atrás en el caso de que no se produzca un enganche. El grado de deformación del vehículo será función de las características mecánicas del bastidor o estructura autoportante.

Si el impacto no es perfectamente frontal, sino que existe una cierta excentricidad o un grado de solapamiento inferior al 100% el vehículo presentará un perfil asimétrico de deformación. En estos casos además de producirse una deformación del vehículo, su

© ITES - Paraninfo

trayectoria sufre una rotación que afectará tanto a la fase de colisión como de post-colisión.

La deformación que sufrirá el coche será función del ángulo de incidencia, de la velocidad de impacto, de las características mecánicas, estructurales e inerciales y del contacto ruedas-calzada, entre otros factores.

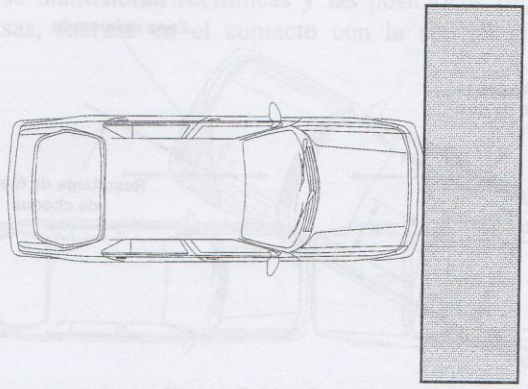


Figura 5.30 Colisión frontal contra muro indeformable. Instante de inicio de colisión

Al incrementarse la velocidad de choque, la deformación o daño directo será mayor, pudiendo llegar a afectar a todo el frontal.

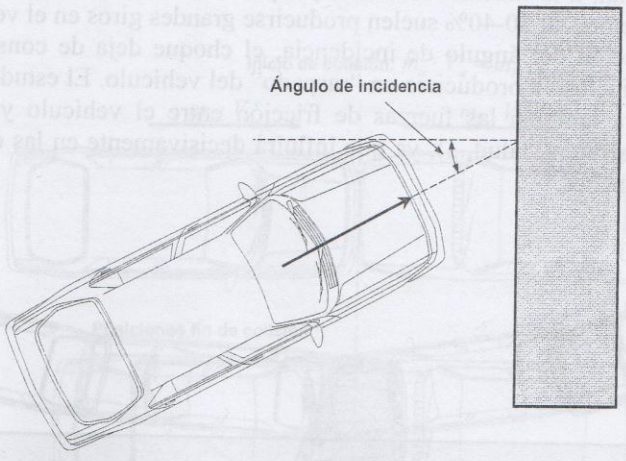


Figura 5.31 Detalle del ángulo de incidencia

© ITES - Paraninfo

En general se puede indicar que cuanto menor sea el coeficiente de adherencia y/o rozamiento entre el vehículo y la superficie de rodadura mayor será el cambio de trayectoria. Cuanto mayor sea la excentricidad, es decir cuanto mayor sea la distancia (h) de la recta que indica la trayectoria de la resultante de fuerzas al centro de gravedad, mayor será el momento de guiñada o giro respecto al eje Z, del vehículo.

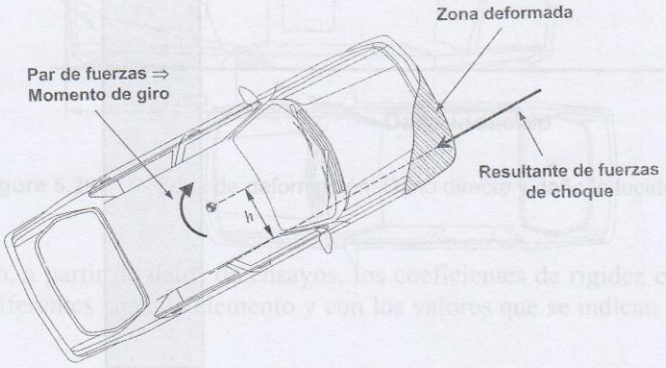


Figura 5.32 Acciones y efectos de un choque

Si la zona de daño directo, es decir, la que ha tenido contacto con el objeto fijo, es más de la mitad de la anchura del vehículo (solapamiento superior al 50%), la rotación será pequeña, mientras que la deformación final será algo superior a la del choque perfectamente frontal, a la misma velocidad, ya que la zona de afección es menor. Con solapamientos inferiores al 30-40% suelen producirse grandes giros en el vehículo.

Con la disminución del ángulo de incidencia, el choque deja de considerarse como frontal para llegar incluso a producirse un "raspado" del vehículo. El estudio detallado de estos casos incluirá también las fuerzas de fricción entre el vehículo y el objeto fijo (muro, banda de carretera, talud,...), ya que influirá decisivamente en las deformaciones, trayectorias y enganches.

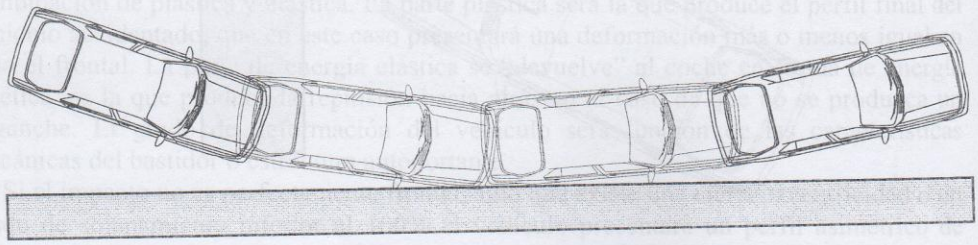


Figura 5.33 Ángulo de incidencia bajo. Raspado y reflexión del vehículo

© ITES - Paraninfo

Colisión frontal entre vehículos

Para estudiar el impacto y la post-colisión entre dos vehículos hay que considerar diversos parámetros como son las características másicas, inerciales, geométricas, cinemáticas y dinámicas, posiciones relativas y coeficientes de fricción con las superficies de rodadura, como los más principales.

Si la colisión es perfectamente frontal (centrada), las trayectorias de los vehículos en la post-colisión se mantendrán rectilíneas y las posiciones finales serán función de las velocidades, masas, fuerzas en el contacto con la superficie de rodadura y posibles enganches.

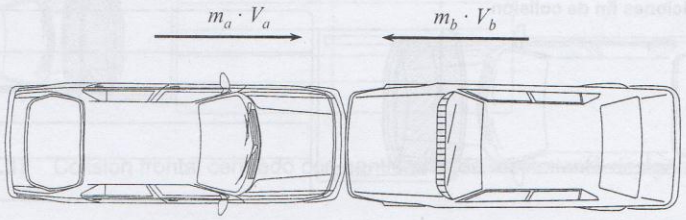


Figura 5.34 Colisión frontal

En estas colisiones centradas, si las cantidades de movimiento o momentos lineales de los vehículos son iguales, no se producirán movimientos importantes en la fase de repulsión ni en la post-colisión. Las deformaciones permanentes en los vehículos dependerán de las características mecánicas.

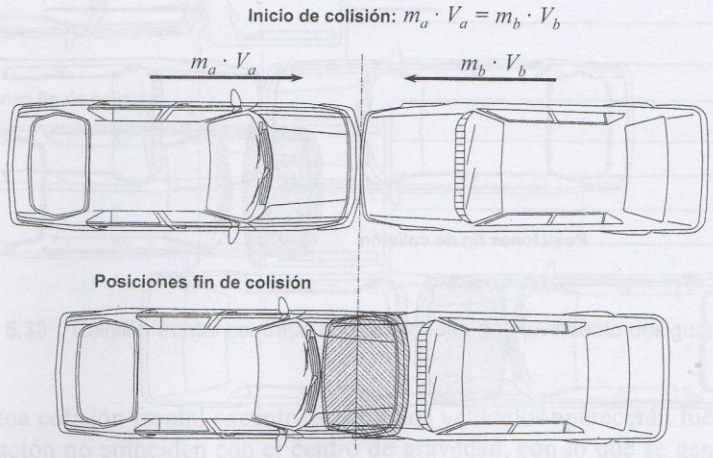


Figura 5.35a Colisión frontal centrado con cantidades de movimiento iguales

© *ITES - Paraninfo*

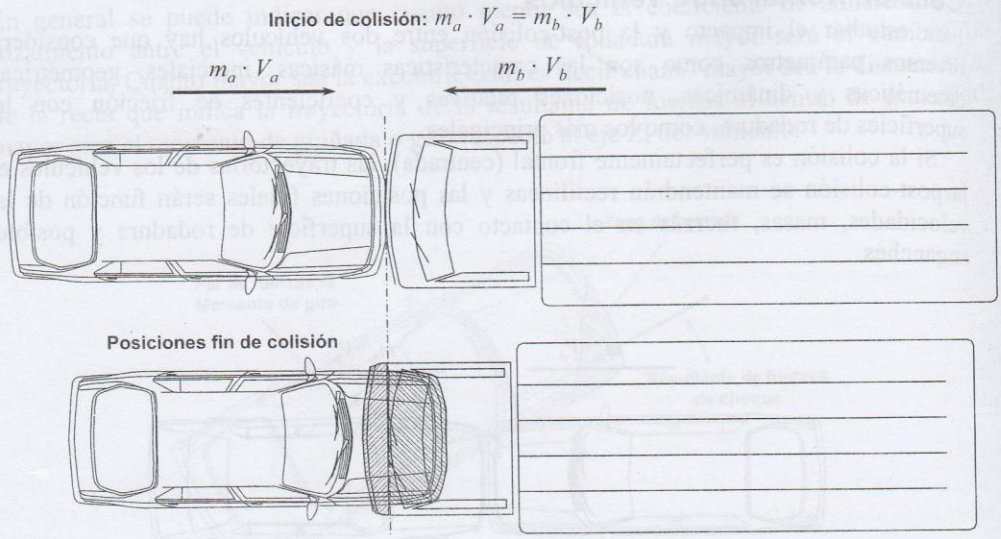


Figura 5.35b Colisión frontal centrado con cantidades de movimiento iguales

Si uno de los vehículos tiene mayor cantidad de movimiento, desplazará al otro haciéndole retroceder.

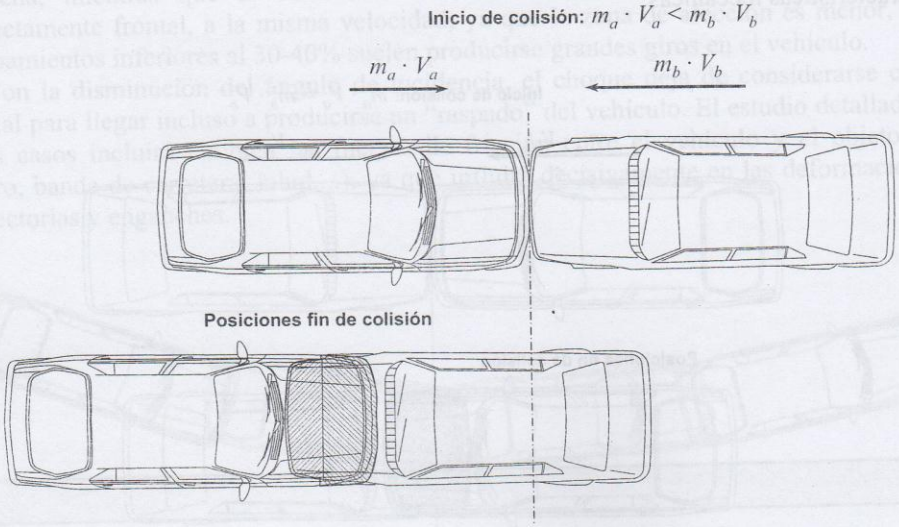


Figura 5.36 Colisión frontal centrado con cantidades de movimiento desiguales

© *ITES - Paraninfo*

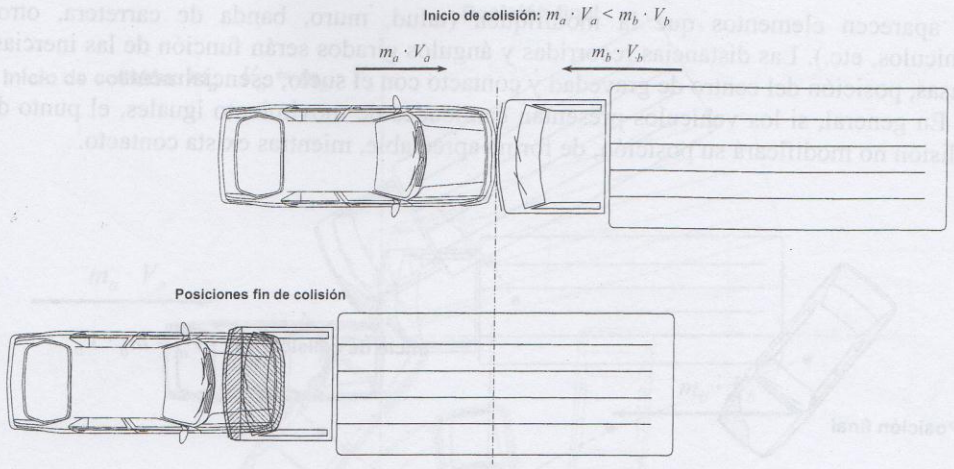


Figura 5.37 Colisión frontal centrado con cantidades de movimiento desiguales

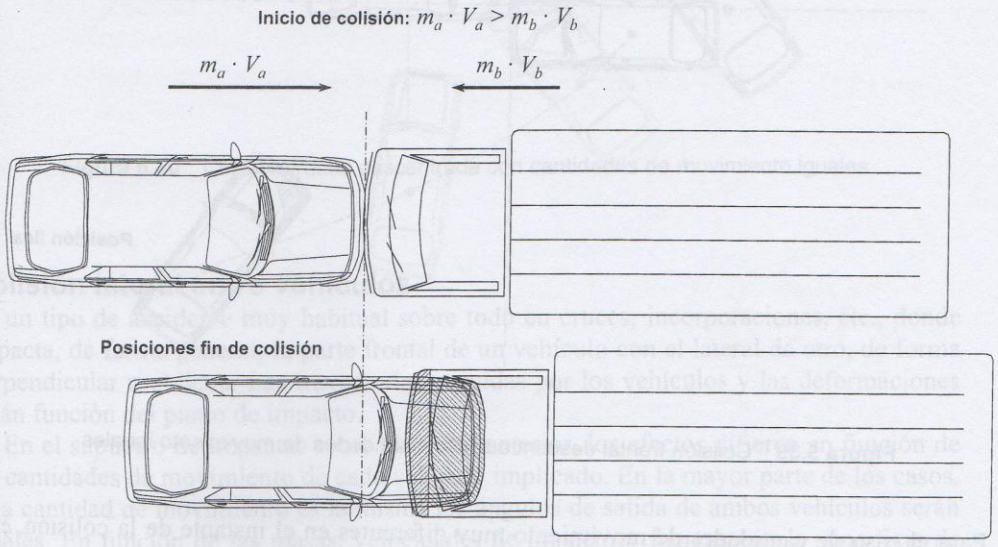


Figura 5.38 Colisión frontal centrado con cantidades de movimiento desiguales

En el caso de una colisión frontal excéntrica entre dos vehículos aparecerán fuerzas cuyas líneas de aplicación no coinciden con el centro de gravedad, con lo que se generan pares de fuerza o momentos de giro, que modifican las trayectorias en la fase de post-colisión. La trayectoria seguida por los vehículos inicialmente será curva, para continuar recta si

© ITES - Paraninfo

no aparecen elementos que la modifiquen (talud, muro, banda de carretera, otros vehículos, etc.). Las distancias recorridas y ángulos girados serán función de las inercias, masas, posición del centro de gravedad y contacto con el suelo, esencialmente.

En general, si los vehículos presentan cantidades de movimiento iguales, el punto de colisión no modificará su posición, de forma apreciable, mientras exista contacto.

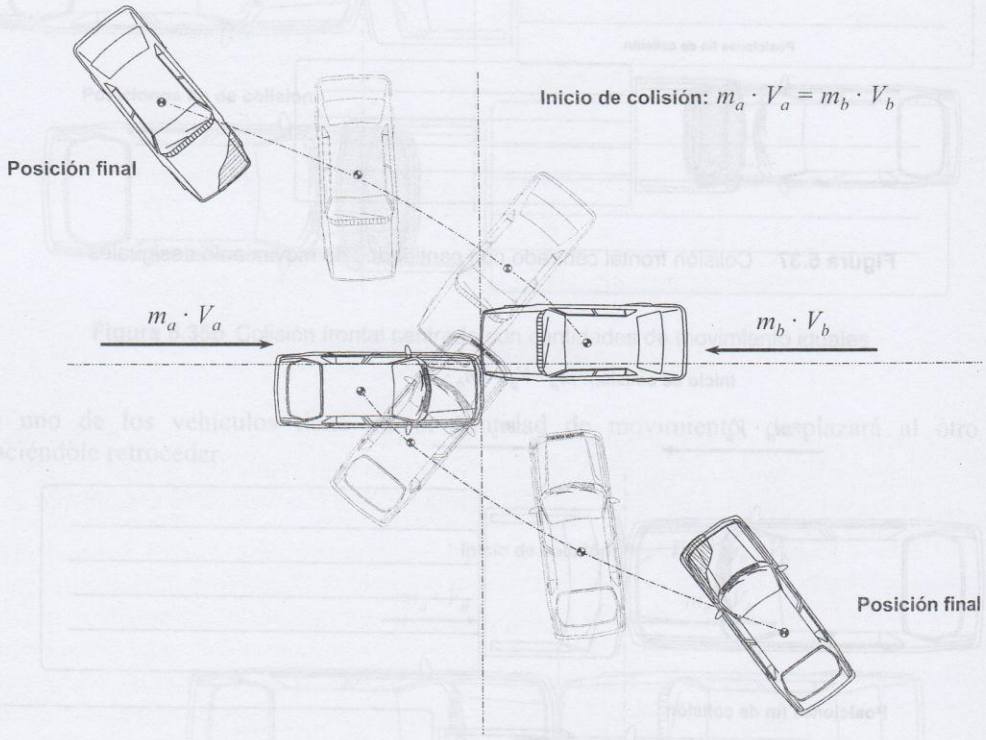


Figura 5.39 Colisión frontal descentrada con cantidades de movimiento iguales

Para el caso de cantidades de movimiento muy diferentes en el instante de la colisión, el punto de colisión se desplazará en la dirección llevada por el que posea un valor mayor, retrocediendo el de menor momento lineal. Del mismo modo que antes, la excentricidad producirá giros de ambos vehículos.

© ITES - Paraninfo

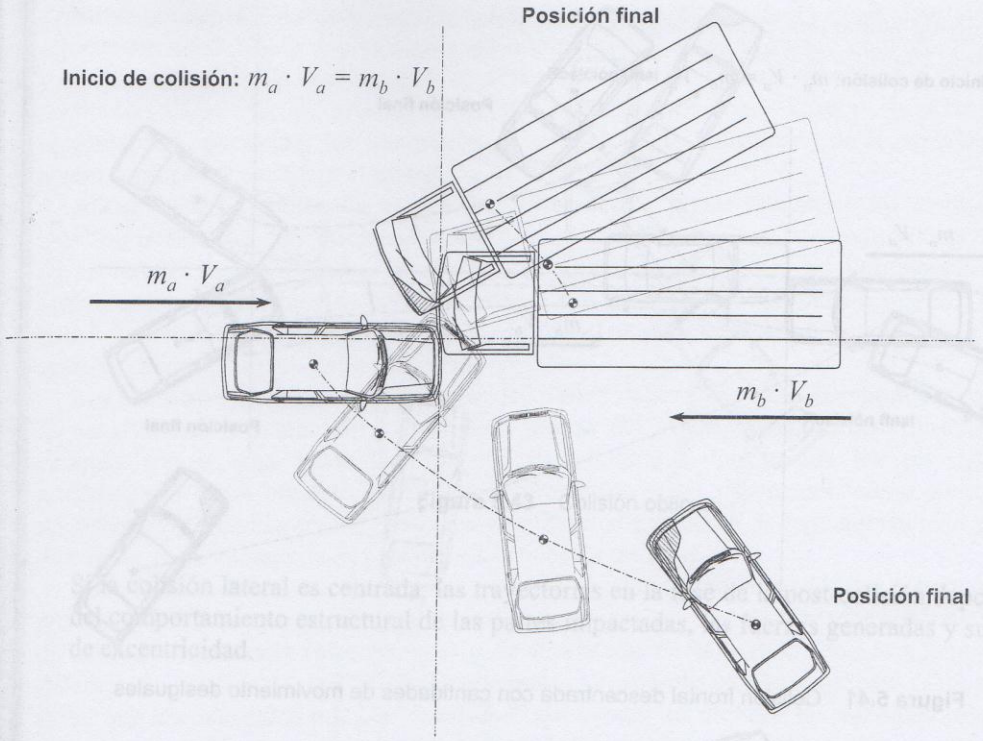


Figura 5.40 Colisión frontal descentrada con cantidades de movimiento iguales

Colisión lateral entre vehículos

Es un tipo de accidente muy habitual sobre todo en cruces, incorporaciones, etc., donde impacta, de forma general, la parte frontal de un vehículo con el lateral de otro, de forma perpendicular u oblicua. Las trayectorias seguidas por los vehículos y las deformaciones serán función del punto de impacto.

En el supuesto de impactar sobre el lateral anterior, los efectos difieren en función de las cantidades de movimiento de cada vehículo implicado. En la mayor parte de los casos, si la cantidad de movimiento es la misma los ángulos de salida de ambos vehículos serán iguales. En función de las masas, velocidades de impacto y fuerzas con la superficie de rodadura, pueden producirse colisiones secundarias (colisiones reflejas) con las partes posteriores de los vehículos.

SIAT
© ITES - Paraninfo

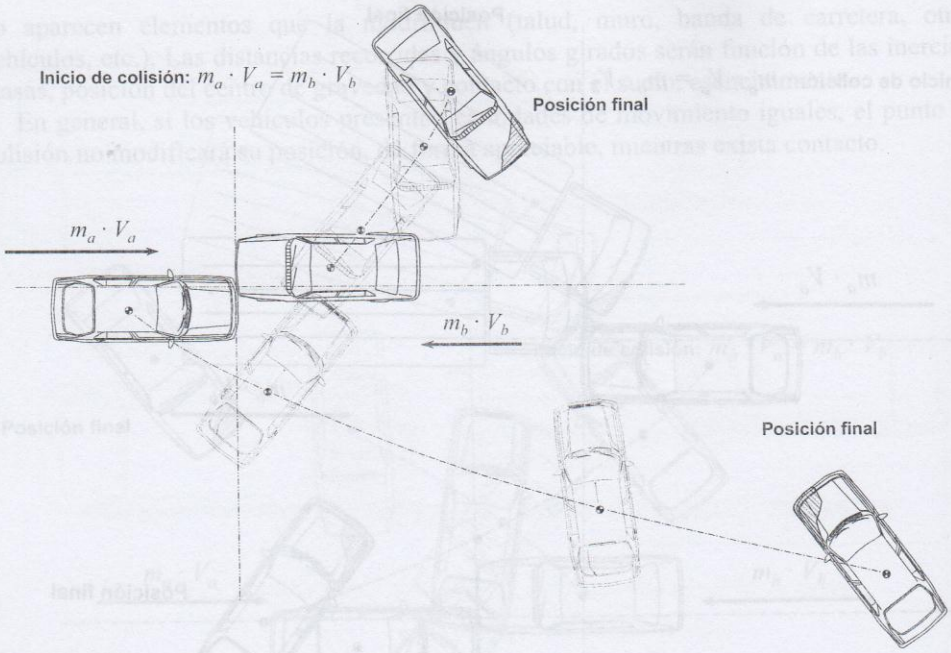


Figura 5.41 Colisión frontal descentrada con cantidades de movimiento desiguales

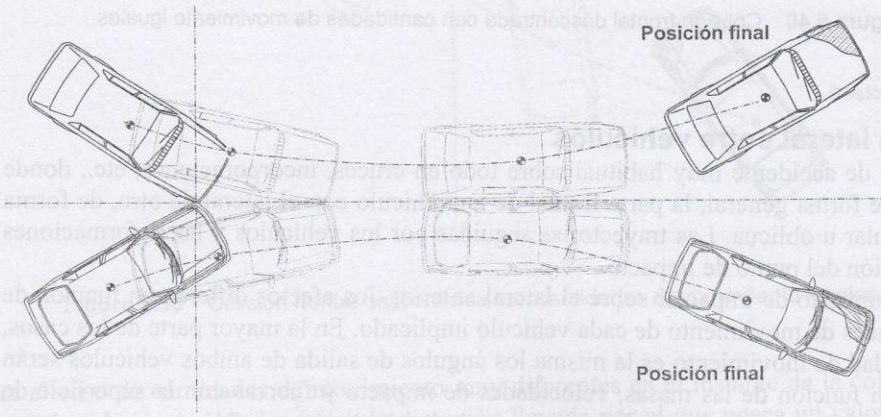


Figura 5.42 Colisión oblicua refleja

Para impactos con cantidades de movimiento diferentes, por norma general, el vehículo que tiene una mayor cantidad de movimiento variará menos su trayectoria.

© ITES - Paraninfo

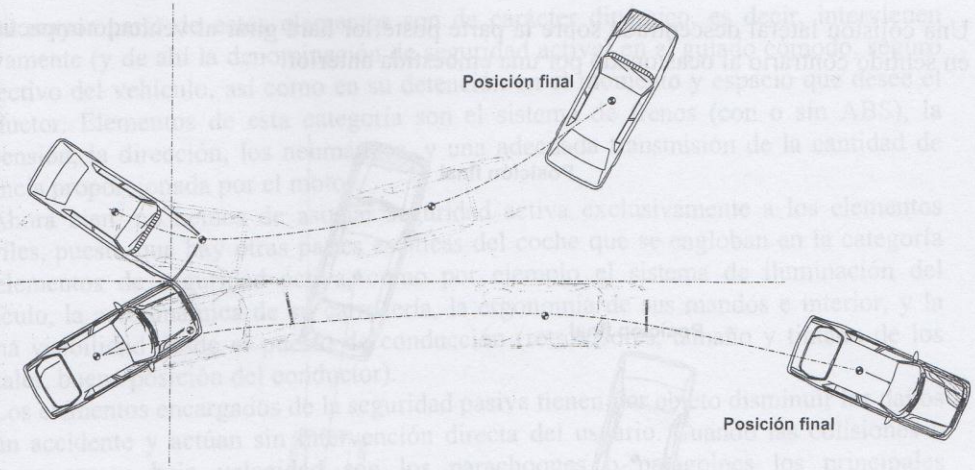


Figura 5.43 Colisión oblicua

Si la colisión lateral es centrada, las trayectorias en la fase de la post-colisión dependerán del comportamiento estructural de las partes impactadas, las fuerzas generadas y su grado de excentricidad.

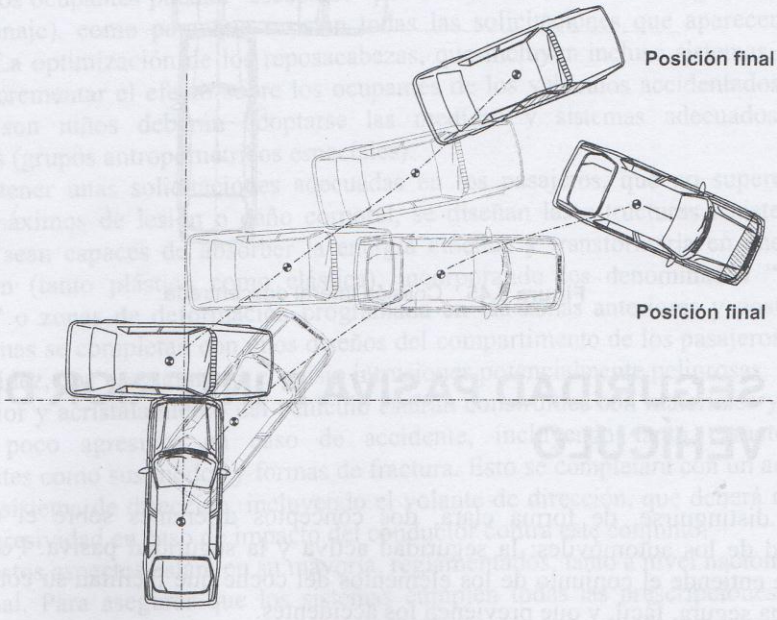


Figura 5.44 Colisión lateral perpendicular

© ITES - Paraninfo

Una colisión lateral descentrada sobre la parte posterior hará girar al vehículo impactado en sentido contrario al ocasionado por una embestida anterior.

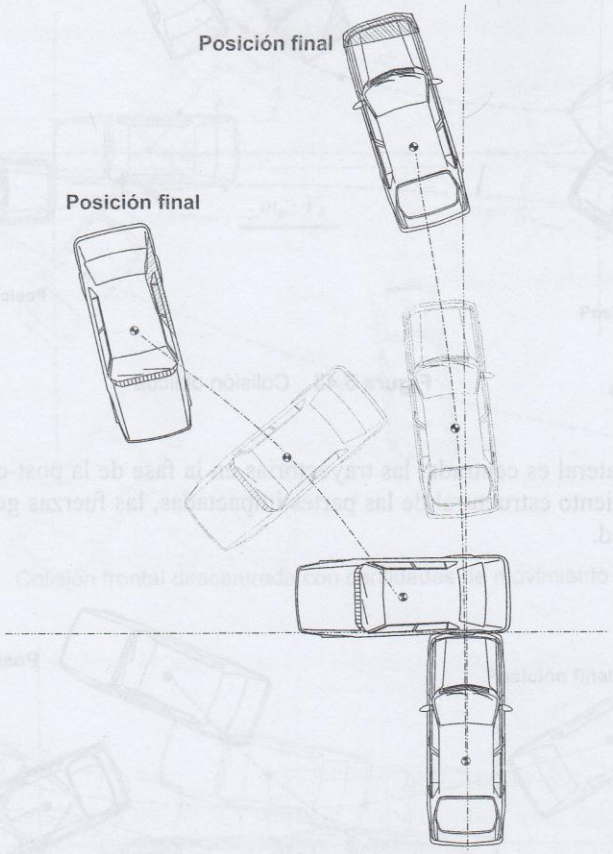


Figura 5.45 Colisión lateral descentrada

5.4 SEGURIDAD PASIVA E INTERIOR DEL VEHÍCULO

Han de distinguirse, de forma clara, dos conceptos diferentes sobre el tema de la seguridad de los automóviles: la seguridad activa y la seguridad pasiva. Por seguridad activa se entiende el conjunto de los elementos del coche que facilitan su conducción de una forma segura, fácil, y que previenen los accidentes.

© *ITES - Paraninfo*

La mayor parte de estos elementos son de carácter dinámico, es decir, intervienen activamente (y de ahí la denominación de seguridad activa) en el guiado cómodo, seguro y efectivo del vehículo, así como en su detención en el momento y espacio que desee el conductor. Elementos de esta categoría son el sistema de frenos (con o sin ABS), la suspensión, la dirección, los neumáticos, y una adecuada transmisión de la cantidad de potencia proporcionada por el motor.

Ahora bien, no hemos de asociar seguridad activa exclusivamente a los elementos móviles, puesto que hay otras partes estáticas del coche que se engloban en la categoría de elementos de seguridad activa, como por ejemplo el sistema de iluminación del vehículo, la aerodinámica de su carrocería, la ergonomía de sus mandos e interior, y la buena visibilidad desde el puesto de conducción (retrovisores, tamaño y tintado de los cristales, buena posición del conductor).

Los elementos encargados de la seguridad pasiva tienen por objeto disminuir los daños de un accidente y actúan sin intervención directa del usuario. Cuando las colisiones o choques son a baja velocidad son los parachoques o paragolpes los principales intervinientes en el impacto, para evitar daños tanto en el impactador, como en el/los impactado/s. Estos elementos presentan también una geometría de baja agresividad para disminuir, en la manera de lo posible, los efectos de un atropello.

Cuando las velocidades de impacto se incrementan, entran en acción los sistemas de retención de los ocupantes, como el cinturón de seguridad, complementados con sistemas de actuación acelerada (pirotécnicos) o de limitación de la tensión (con la adición de sistemas deformables) o los airbag. Por su parte, los asientos estarán diseñados tanto para evitar que los ocupantes puedan "escaparse" por debajo del cinturón de seguridad (efecto antisubmarinaje), como para que resistan todas las solicitaciones que aparecen en un accidente. La optimización de los reposacabezas, que incluyen incluso sistemas activos, ayuda a decrementar el efecto sobre los ocupantes de los vehículos accidentados. Si los ocupantes son niños deberán adoptarse las medidas y sistemas adecuados a sus condiciones (grupos antropométricos especiales).

Para obtener unas solicitaciones adecuadas en los pasajeros, que no superen unos umbrales máximos de lesión o daño corporal, se diseñan las estructuras resistentes de forma que sean capaces de absorber la energía cinética y transformarla en energía de deformación (tanto plástica como elástica), incorporando los denominados "fusibles mecánicos" o zonas de deformación programada en las zonas anteriores y posteriores. Estos sistemas se completan con unos diseños del compartimento de los pasajeros de una elevada rigidez, que aseguren una zona sin intrusiones potencialmente peligrosas.

El interior y acristalamiento del vehículo estarán construidos con materiales y formas que sean poco agresivas en caso de accidente, incluyendo tanto características amortiguantes como sus modos y formas de fractura. Esto se completará con un adecuado diseño del sistema de dirección, incluyendo el volante de dirección, que deberá asegurar una baja agresividad en caso de impacto del conductor contra este conjunto.

Todos estos aspectos están, en su mayoría, reglamentados, tanto a nivel nacional como internacional. Para asegurar que los sistemas cumplen todas las prescripciones legales

© ITES - Paraninfo

Una colisión lateral descentrada sobre la parte posterior hará girar al vehículo impactado en sentido contrario al ocasionado por una embestida anterior.

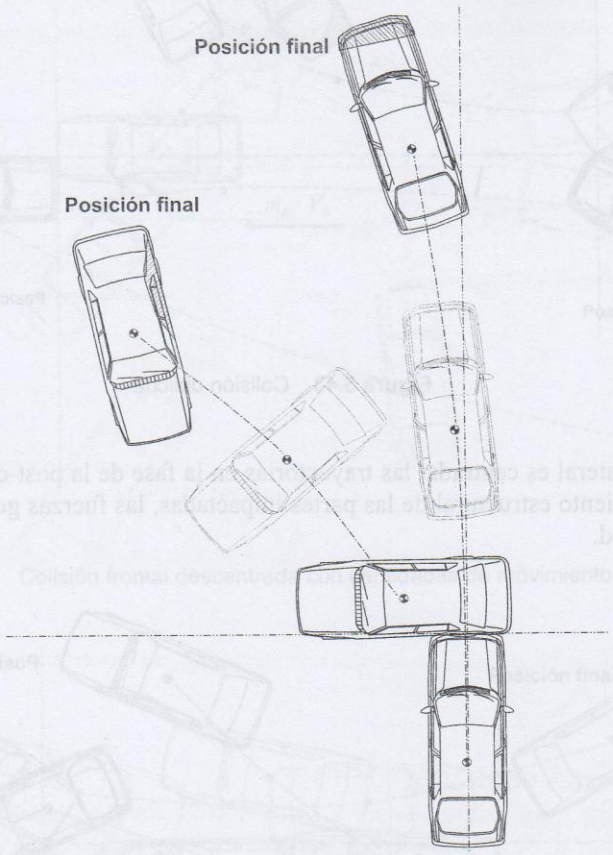


Figura 5.45 Colisión lateral descentrada

5.4 SEGURIDAD PASIVA E INTERIOR DEL VEHÍCULO

Han de distinguirse, de forma clara, dos conceptos diferentes sobre el tema de la seguridad de los automóviles: la seguridad activa y la seguridad pasiva. Por seguridad activa se entiende el conjunto de los elementos del coche que facilitan su conducción de una forma segura, fácil, y que previenen los accidentes.

© *ITES - Paraninfo*

La mayor parte de estos elementos son de carácter dinámico, es decir, intervienen activamente (y de ahí la denominación de seguridad activa) en el guiado cómodo, seguro y efectivo del vehículo, así como en su detención en el momento y espacio que desee el conductor. Elementos de esta categoría son el sistema de frenos (con o sin ABS), la suspensión, la dirección, los neumáticos, y una adecuada transmisión de la cantidad de potencia proporcionada por el motor.

Ahora bien, no hemos de asociar seguridad activa exclusivamente a los elementos móviles, puesto que hay otras partes estáticas del coche que se engloban en la categoría de elementos de seguridad activa, como por ejemplo el sistema de iluminación del vehículo, la aerodinámica de su carrocería, la ergonomía de sus mandos e interior, y la buena visibilidad desde el puesto de conducción (retrovisores, tamaño y tintado de los cristales, buena posición del conductor).

Los elementos encargados de la seguridad pasiva tienen por objeto disminuir los daños de un accidente y actúan sin intervención directa del usuario. Cuando las colisiones o choques son a baja velocidad son los parachoques o paragolpes los principales intervinientes en el impacto, para evitar daños tanto en el impactador, como en el/los impactado/s. Estos elementos presentan también una geometría de baja agresividad para disminuir, en la manera de lo posible, los efectos de un atropello.

Cuando las velocidades de impacto se incrementan, entran en acción los sistemas de retención de los ocupantes, como el cinturón de seguridad, complementados con sistemas de actuación acelerada (pirotécnicos) o de limitación de la tensión (con la adición de sistemas deformables) o los airbag. Por su parte, los asientos estarán diseñados tanto para evitar que los ocupantes puedan "escaparse" por debajo del cinturón de seguridad (efecto antisubmarinaje), como para que resistan todas las solicitaciones que aparecen en un accidente. La optimización de los reposacabezas, que incluyen incluso sistemas activos, ayuda a decrementar el efecto sobre los ocupantes de los vehículos accidentados. Si los ocupantes son niños deberán adoptarse las medidas y sistemas adecuados a sus condiciones (grupos antropométricos especiales).

Para obtener unas solicitaciones adecuadas en los pasajeros, que no superen unos umbrales máximos de lesión o daño corporal, se diseñan las estructuras resistentes de forma que sean capaces de absorber la energía cinética y transformarla en energía de deformación (tanto plástica como elástica), incorporando los denominados "fusibles mecánicos" o zonas de deformación programada en las zonas anteriores y posteriores. Estos sistemas se completan con unos diseños del compartimento de los pasajeros de una elevada rigidez, que aseguren una zona sin intrusiones potencialmente peligrosas.

El interior y acristalamiento del vehículo estarán construidos con materiales y formas que sean poco agresivas en caso de accidente, incluyendo tanto características amortiguantes como sus modos y formas de fractura. Esto se completará con un adecuado diseño del sistema de dirección, incluyendo el volante de dirección, que deberá asegurar una baja agresividad en caso de impacto del conductor contra este conjunto.

Todos estos aspectos están, en su mayoría, reglamentados, tanto a nivel nacional como internacional. Para asegurar que los sistemas cumplen todas las prescripciones legales

© ITES - Paraninfo

necesarias se realizan diversos ensayos que evalúan las características y aptitudes técnicas reales.

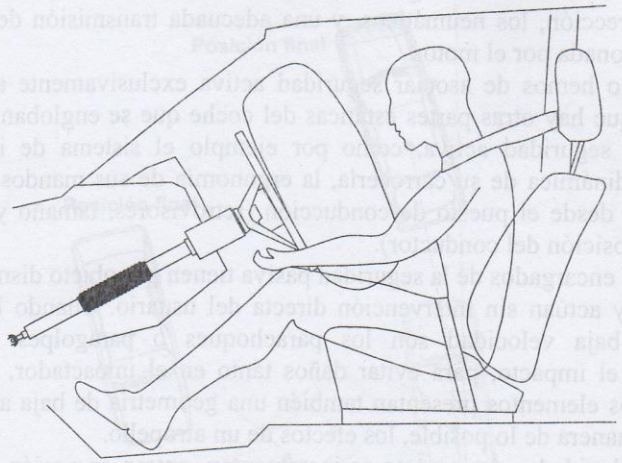


Figura 5.46 Croquis del puesto de conducción y sistemas de retención, que pueden permitir evaluar compatibilidad entre lesiones en ocupantes y el vehículo

El análisis del interior de un vehículo implicado en un accidente proporciona información importante para el estudio del accidente en lo relativo a los ocupantes y sus movimientos, aceleraciones, fuerzas y lesiones producidas. Una adecuada toma de datos será la base para un análisis biomecánico de los mecanismos lesionales y su compatibilidad con las evidencias objetivas. Esta información puede ser del tipo de roturas, deformaciones, manchas, salpicaduras, restos de tejido epitelial, cabellos, dientes, restos de tejidos procedentes de ropas o efectos personales,... En la fase de la toma de datos hay que recopilar toda esa información, clasificarla y aportarla a las posteriores etapas de la investigación.

- Estructura resistente y elementos de absorción, que será completada en el apartado de estudio estructural y de deformaciones, incluyendo el tipo de carrocería, montantes, piso, estriberas, parachoques,...
- Columna de dirección y elementos como volante, juntas o fusibles.
- Asientos y accesorios, detallando su posición y reglaje. Se prestará especial atención a los reposacabezas.
- Sistemas de retención infantil, teniendo en cuenta que los tamaños de los niños se encuentran divididos en grupos antropométricos, según indica la reglamentación europea ECE R 44. En estos sistemas habrá que analizar aspectos relativos tanto

© *ITES - Paraninfo*

al anclaje del sistema de retención al vehículo, como del niño al sistema propiamente dicho.

- Cinturones de seguridad, incluyendo la existencia de pretensores y limitadores de esfuerzo. Se hará especial énfasis en las marcas, desperfectos y señales que puedan existir. Es interesante registrar la posición en que están ubicadas, pues revelarán información sobre lo ocupantes, su posición, acciones y efectos del accidente, uso o no de los sistemas de retención (cinturones de seguridad especialmente) y posibles fallos o defectos previos o durante el accidente.
- Airbag, analizando los tipos instalados, posición de los sensores de aceleración, centralitas de control, explosivos, umbral de disparos y actuación.
- Parabrisas, ventanillas laterales y luneta posterior
- Salpicadero y paneles de instrumentos
- Elementos interiores y de acondicionamiento del vehículo.

Habrá que intentar identificar los efectos del accidente propiamente dicho de las modificaciones realizadas en las fases de evacuación de los ocupantes o traslados posteriores y establecer la compatibilidad con las lesiones de los ocupantes u otras personas implicadas en el accidente.

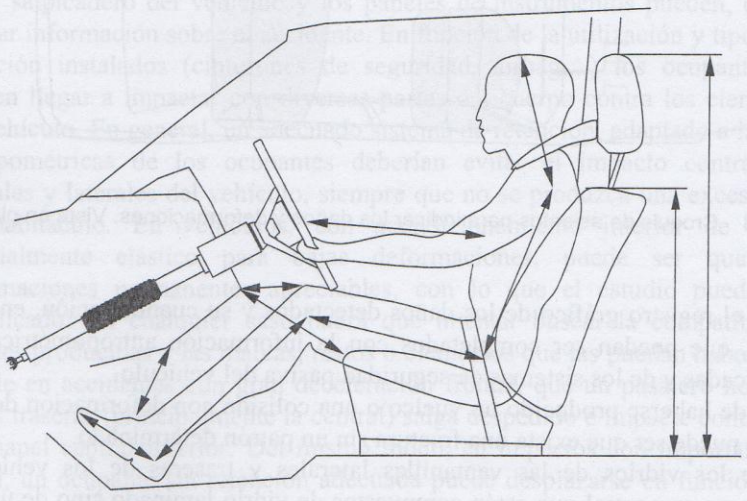


Figura 5.47 Croquis identificativo de medidas del puesto de conducción y algunos aspectos antropométricos del conductor

En caso de ocupantes que no están retenidos por algún sistema adecuado, esencialmente los cinturones de seguridad, se produce el impacto contra el parabrisas. En los parabrisas

© ITES - Paraninfo

actuales laminados, se produce una rotura en forma de estrella, indicando su centro la zona de impacto. Este tipo de rotura estrellada también puede producirse por el impacto de algún objeto desde el exterior del vehículo, como es el caso de un atropello. En caso de que el impacto sea con un bajo nivel de fuerza, puede ser que no presente un patrón estrellado, sino únicamente unas pocas grietas. En cualquier caso conviene prestar atención a los posibles restos de sangre, cabellos, piel, tejidos,... que hayan quedado adheridos o atrapados, tanto por la cara interior como la exterior, para el análisis del elemento y mecanismo productor de la fractura. En función del tipo de impacto y la parte que ha golpeado, puede ser que los restos y las evidencias a tomar sean del tipo huellas de piel, sin que haya llegado a producirse una transferencia. Todas estas evidencias pueden ser necesarias para posteriores análisis como por ejemplo de estudio del ADN, para la investigación de la cinemática y dinámica de las personas implicadas, sus mecanismos lesionales y el lugar ocupado en los vehículos intervinientes.

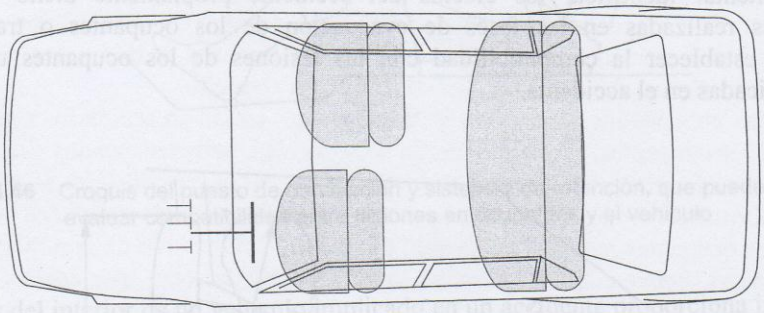


Figura 5.48 Croquis de asientos para indicar los daños y deformaciones. Vista en planta

Es importante el registro gráfico de los daños detectados y su cuantificación, en croquis identificativos, que puedan ser completados con la información antropométrica de las personas implicadas y de los sistemas de seguridad pasiva del vehículo.

En el caso de haberse producido un vuelco o una colisión con deformación del marco del parabrisas, puede ser que exista una fractura sin un patrón determinado.

El caso de los vidrios de las ventanillas laterales y traseras de los vehículos es diferente, pues no es normal que estén compuestos de vidrio laminado sino de una única capa. Estos elementos al sufrir un impacto se fracturan y se rompen en multitud de pedazos que pueden separarse.

Habrá que identificar si la rotura del vidrio ha sido realizada con una acción desde el interior hacia el exterior o en sentido contrario. Es importante, por tanto, registrar las posiciones de los restos de vidrio, si están en el interior y/o el exterior del vehículo. Además puede ser interesante el registro de las marcas, huellas y salpicaduras de los elementos adyacentes, tanto interiores como exteriores.

© *ITES - Paraninfo*

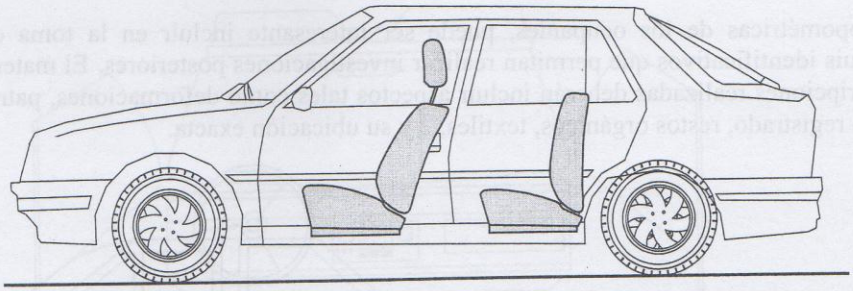


Figura 5.49 Croquis de asientos para indicar los daños y deformaciones. Vista lateral izquierda

De forma complementaria el estudio puede incluir si las ventanillas laterales estaban abiertas (generalmente bajadas) o cerradas (subidas). El registro de pequeños fragmentos en los junquillos o canales de cierre, junto con el análisis del mecanismo de movilización de la ventanilla y del interior de las puertas o paneles laterales del vehículo, pueden ser interesantes. Todo ello deberá acompañarse de registro gráfico detallado (fotografía, videofilmación,...).

El salpicadero del vehículo y los paneles de instrumentos pueden, de igual manera, aportar información sobre el accidente. En función de la utilización y tipos de sistemas de retención instalados (cinturones de seguridad, airbag,...) los ocupantes del vehículo pueden llegar a impactar con diversas partes del cuerpo contra los elementos interiores del vehículo. En general, un adecuado sistema de retención, adaptado a las características antropométricas de los ocupantes deberían evitar el impacto contra los elementos frontales y laterales del vehículo, siempre que no se produzca una excesiva deformación del habitáculo. En vehículos, con acondicionamiento interior de comportamiento esencialmente elástico para bajas deformaciones, puede ser que no aparezcan deformaciones permanentes apreciables, con lo que el estudio puede ser algo más complicado. En cualquier caso habrá que intentar buscar la compatibilidad entre las lesiones producidas y las marcas, restos o elementos que las puedan haber ocasionado. Es posible en accidentes con gran deceleración frontal, que un pasajero no retenido de las plazas traseras (principalmente la central) salga despedido e impacte contra el salpicadero o el panel central inferior. Del mismo modo, en impactos con importante deceleración lateral, un ocupante sin retención adecuada puede desplazarse en función de las fuerzas generadas en el accidente, con lo que puede impactar contra el interior del vehículo o con otros ocupantes, pudiendo ocasionar lesiones de diversa consideración, o incluso salir eyectado del vehículo. Otros aspectos importantes de los paneles de instrumentos es el análisis del estado de velocímetros, cuentakilómetros, cuentarrevoluciones, tacógrafos,... tratado anteriormente.

En función de la posición de los ocupantes, medidas y reglajes de los elementos existentes dentro del habitáculo, los sistemas de retención y las características antropométricas de los ocupantes, puede ser interesante incluir en la toma de datos

© ITES - Paraninfo

antropométricas de los ocupantes, puede ser interesante incluir en la toma de datos croquis identificativos que permitan realizar investigaciones posteriores. El material y las descripciones realizadas deberán incluir aspectos tales como deformaciones, patrones del daño registrado, restos orgánicos, textiles,... y su ubicación exacta.

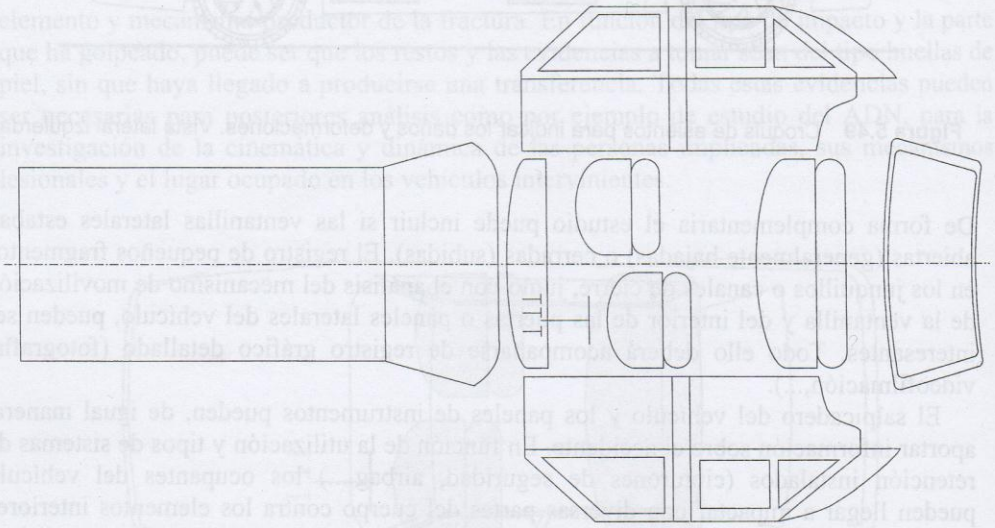


Figura 5.50 Croquis para indicar los daños, restos, marcas y zonas de contacto en el interior del vehículo, con elementos abatidos sobre el plano del dibujo

El estudio del interior del vehículo y del panel frontal deberá incluir también las posibles deformaciones del mecanismo de dirección, reseñando con particular atención lo relativo a las deformaciones o daños del volante y columna de dirección, como se indicó anteriormente en las figuras 3.85, 3.86 y 3.87, del apartado de dirección. Del mismo modo habrá que indicar si las modificaciones en los elementos se debe a la deformación del habitáculo por la acción exterior del impacto o por fuerzas interiores por acción de los ocupantes. En cualquier caso puede ser necesario el conocer las medidas y características del vehículo sin deformación, mediante la medición de un vehículo análogo no deformado. Una deformación del panel frontal, panel cortafuegos o del habitáculo puede producir tanto una compresión, como una flexión o un desplazamiento de la columna de dirección, que deberá evaluarse adecuadamente. Para ello puede ser necesario desmontar el frontal, salpicadero y/o conjunto de columna de dirección y volante, para realizar el registro y mediciones oportunas.

© *ITES - Paraninfo*

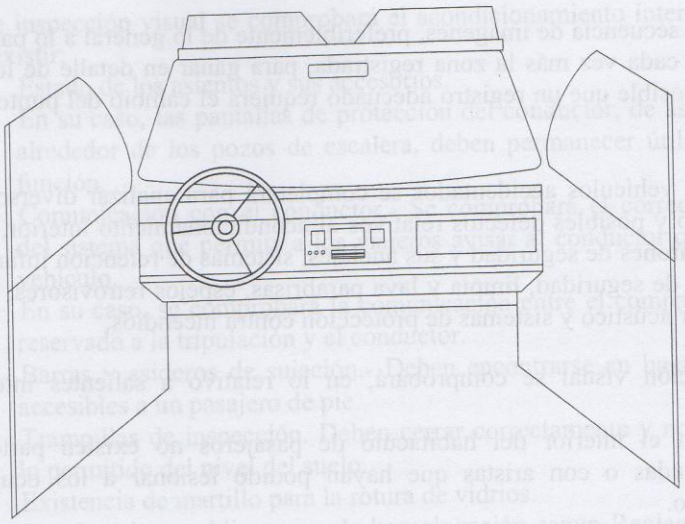


Figura 5.51 Croquis para indicar los daños, restos, marcas y zonas de contacto en el interior del vehículo, en las plazas anteriores

En caso de medirse deformaciones importantes en el volante de dirección, habrá que identificar y correlacionar con las lesiones de los ocupantes, para poder establecer la compatibilidad. Hay que tener en cuenta que estas deformaciones pueden ser producidas tanto por conductores que utilizan el cinturón de seguridad como por conductores que no. En el primer caso serán las deformaciones producidas generalmente por las manos, brazos o cabeza, mientras que en segundo caso también hay que considerar el impacto contra partes abdominales, torácicas, rodillas,...

Tanto en el caso de ocupantes con cinturón o no, se puede producir el contacto con otros elementos del interior del vehículo tales como parasoles, espejo retrovisor, manillas o asideros, tapizados, guarniciones de montantes o techo, techo solar o convertible, que pueden producir deformaciones, marcas o simplemente dejar manchas y restos que deberán identificarse en la fase de la toma de datos, para poder correlacionarse con los ocupantes y sus lesiones.

El análisis de los espejos retrovisores puede indicar información sobre las zonas sin visión, o zonas muertas del vehículo, en función de la talla del conductor y la carga del vehículo o las posibles obstrucciones visuales del vehículo, tanto fijas como móviles. Tras un accidente habrá que tomar con reservas la posición de los espejos retrovisores, tanto interior como exterior, intentado evaluar si ha habido modificaciones tanto por acción del accidente propiamente dicho, como por las fases posteriores de evacuación de ocupantes o traslados.

Para la identificación de las marcas, deformaciones y restos suele ser imprescindible el registro gráfico, estático (fotografía) o dinámico (filmación en vídeo por ejemplo) Conviene recoger tanto detalles como la ubicación exacta en el vehículo, con lo que suele

© ITES - Paraninfo

ser adecuado una secuencia de imágenes, preferiblemente de lo general a lo particular. Es decir ir acotando cada vez más la zona registrada, para ganar en detalle de los aspectos interesantes. Es posible que un registro adecuado requiera el cambio del punto de vista o la iluminación.

El estudio de los vehículos accidentados se completará para analizar diversos aspectos relativos al estado y posibles defectos relativos al acondicionamiento interior, asientos y sus anclajes, cinturones de seguridad y sus anclajes, sistemas de retención infantil, campo de visión, vidrios de seguridad, limpia y lava parabrisas, espejos retrovisores, antihielo y antivaho, avisador acústico y sistemas de protección contra incendios.

Mediante inspección visual se comprobará, en lo relativo a salientes interiores del vehículo:

- ✓ Que en el interior del habitáculo de pasajeros no existen partes rígidas, puntiagudas o con aristas que hayan podido lesionar a los ocupantes del vehículo.
- ✓ Que las partes o piezas localizadas en el interior del habitáculo, no se han desprendido causando lesiones a los ocupantes del vehículo.

Mediante inspección visual se comprobarán los asientos y sus anclajes, en los relativo a:

- ✓ El número de plazas sentadas corresponde con la documentación del vehículo.
- ✓ Fijación a la estructura.
- ✓ Que no presentan ningún elemento deteriorado o suelto que pueda haber ocasionado lesiones a los ocupantes del vehículo.
- ✓ En su caso, la accesibilidad a las plazas posteriores.
- ✓ En su caso, la adecuación de los asientos a su función.

Mediante inspección visual se comprobará, siempre que sea posible, en lo relativo a cinturones de seguridad y sus anclajes:

- ✓ Si el vehículo está equipado, en las plazas obligadas a ello, con los cinturones de seguridad reglamentarios.
- ✓ Homologación de los cinturones de seguridad.
- ✓ Estado de los cinturones de seguridad.
- ✓ Que el número de puntos de anclaje es el reglamentario.
- ✓ La correcta fijación de los anclajes y su buen estado.

Mediante inspección visual se comprobará, en lo relativo a sistemas de retención infantil:

- ✓ Que en el caso de que el vehículo esté provisto de uno o varios dispositivos de este tipo, pertenezcan a tipos previamente homologados.
- ✓ Que el dispositivo está situado correctamente en el lugar y posición para el que ha sido concebido.

© *ITES - Paraninfo*

Mediante inspección visual se comprobará el acondicionamiento interior, analizando, en caso de existir:

- ✓ Estado de los asientos y sus accesorios.
- ✓ En su caso, las pantallas de protección del conductor, de asientos expuestos o alrededor de los pozos de escalera, deben permanecer útiles para realizar su función.
- ✓ Comunicación con el conductor.- Se comprobará el correcto funcionamiento del sistema que permita a los viajeros avisar al conductor que debe detener el vehículo.
- ✓ En su caso, se comprobará la comunicación entre el compartimento con litera reservado a la tripulación y el conductor.
- ✓ Barras y asideros de sujeción.- Deben encontrarse en buen estado y resultar accesibles a un pasajero de pie.
- ✓ Trampillas de inspección. Deben cerrar correctamente y no sobresalir más de lo permitido del nivel del suelo.
- ✓ Existencia de martillo para la rotura de vidrios.
- ✓ Que las placas obligatorias de homologación según Reglamentos 36, 52 y 66 corresponden con el vehículo inspeccionado.
- ✓ Los peldaños, pasillos y pasos de acceso deben estar recubiertos con un material antideslizante.

Tabla 5.2 Grupos antropométricos infantiles

Grupo antropométrico	Peso del niño (kg)	Edad aproximada
0	0-10	Hasta 8 meses
0+	<13	Hasta 2 años
I	9-18	De 8 meses a 4 años
II	15-25	De 3 a 7 años
III	22-36	De 4 a 12 años

Mediante inspección visual se comprobará el campo de visión directa:

- ✓ Que el campo de visión directa del conductor, no resulte impedido o reducido a causa de montantes, adhesivos, láminas adhesivas antisolares, cortinas u otros objetos fijos o móviles.

Mediante inspección visual se comprobarán los vidrios de seguridad:

- ✓ Existencia e integridad de todos los vidrios.
- ✓ Que todos los vidrios corresponden con tipos homologados.
- ✓ Que en caso de llevar láminas adhesivas, cumplen con la legislación vigente.
- ✓ La existencia de fisuras, deterioros, impactos o adhesivos de cualquier naturaleza en los vidrios que hayan podido dificultar el campo de visión del conductor.

© ITES - Paraninfo

Mediante una inspección visual se comprobarán los limpia y lavaparabrisas:

- ✓ La existencia de los dispositivos de limpia y/o lavaparabrisas.
- ✓ Su correcto funcionamiento.
- ✓ Superficie barrida.
- ✓ Estado de las escobillas.

Mediante inspección visual se comprobará, en lo relativo a espejos retrovisores:

- ✓ La existencia de los espejos retrovisores obligatorios.
- ✓ Ubicación reglamentaria de los espejos de cada clase colocados en el vehículo en el lugar adecuado según la clase de retrovisor.
- ✓ El estado de las superficies de retrovisión.
- ✓ La fijación.

Mediante inspección visual se comprobará la función de antihielo y antivaho:

- ✓ Que el vehículo dispone de la función de antihielo y antivaho.
- ✓ Que al hacer operativa la función, sale aire por las toberas de ambos lados de la parte interior del parabrisas.

Mediante inspección visual se comprobará el avisador acústico:

- ✓ Existencia
- ✓ Funcionamiento adecuado

Se comprobará la operatividad del mando central de seguridad de prevención de riesgos de incendio, verificando que su activación produce:

i) la parada rápida del motor.

ii) el accionamiento de un cortabatería que aísle al menos una borna de alimentación eléctrica, pero sin que como consecuencia ocasione un corte en los circuitos que aseguran:

- ✓ el encendido de las luces de alarma,
- ✓ el funcionamiento del tacógrafo,
- ✓ el alumbrado interior de emergencia,
- ✓ la circulación del aire de refrigeración en los calefactores auxiliares,
- ✓ el bloqueo electrónico centralizado de las puertas.

© *ITES - Paraninfo*

5.5 LUCES Y LÁMPARAS

5.5.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE LÁMPARAS

Las lámparas de los vehículos pueden ser analizadas con el fin de determinar su estado, apagadas o encendidas, antes de una colisión. Esto puede ser especialmente útil en accidentes en los que estén implicados vehículos con sistema de frenos ABS donde, en la mayoría de los casos, la única evidencia de frenado puede ser la deformación del filamento de la lámpara.

Sin embargo, el análisis de lámparas, como se detallará en este capítulo, tiene sus limitaciones. Entre ellas, no puede ser utilizado para la estimación de la aceleración de los vehículos durante la colisión y, además, no siempre aparecen evidencias que permitan determinar el estado antes de dicha colisión. Por otro lado, no todas las lámparas que utilizan los vehículos actuales pueden ser analizadas.

5.5.2 TIPOS DE LÁMPARAS

Las lámparas utilizadas en los vehículos actuales se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Lámparas de incandescencia
- Lámparas de descarga
- Diodos LED (Light Emitting Diode)

El análisis de las lámparas en la investigación de accidentes de tráfico sólo es aplicable, por el momento, a las lámparas de incandescencia, ya que éste se basa en el estudio del comportamiento del filamento, algo de lo que carecen los otros dos tipos. Recientes estudios realizado con diodos LED revelan la imposibilidad de realizar análisis adecuados (Steiner, J. [49]).

La aplicación de los dos últimos tipos de lámparas en los automóviles es bastante reciente, no siendo su uso generalizado por el momento. Las lámparas de descarga se utilizan para las luces de cruce y carretera, mientras que el empleo de diodos se aplica a las luces de señalización (intermitentes, frenado o posición traseras).

En las lámparas de descarga la luz se genera como consecuencia de una descarga eléctrica en un tubo de vidrio que contiene un gas noble, en este caso xenón (de ahí que generalmente se las conozca como luces de xenón). Así, este tipo de lámparas carece de filamento, siendo sustituido por el arco eléctrico generado entre dos electrodos. Este arco se genera por un impulso eléctrico de un voltaje superior al empleado en las lámparas de incandescencia, de ahí que se utilice un balasto para el suministro eléctrico de las lámparas.

Este tipo de lámpara genera más luz que las de incandescencia con un consumo energético y una generación de calor bastante inferior. Otra de las características es su

© ITES - Paraninfo

mayor duración, entre otras cosas, por carecer de filamento. Debido a la mayor potencia que desarrollan, para evitar el deslumbramiento, los vehículos que las equipen deben llevar un sistema regulador automático de altura del proyector y un sistema lavafaros. Con el primero se consigue un haz independiente de la carga del vehículo y del cabeceo producido por el frenado y aceleración, mientras que con el segundo se elimina la suciedad de la superficie exterior del proyector, evitando la distorsión del haz luminoso.

Los diodos LED están sustituyendo actualmente a las lámparas de incandescencia no solamente en los vehículos, sino también en otros campos como es el caso de la señalización vial. Actualmente, en los vehículos se utiliza de forma importante en la tercera luz de freno y en los indicadores interiores (cuadro de mandos, etc), siendo mucho más reducida su aplicación en otros tipos de luces.

Un diodo LED es un dispositivo semiconductor que emite luz monocromática cuando se polariza en continua y es atravesado por la corriente eléctrica. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo.

El dispositivo semiconductor está encapsulado en una cubierta de plástico, de mayor resistencia que el cristal empleado en las bombillas convencionales, sin presencia de ningún gas en su interior. El color del plástico no influye en el color de la luz emitida, teniendo únicamente una función estética. Las dos "patillas" del diodo son el cátodo (-) y el ánodo (+), distinguiéndose porque el cátodo es más corto que el ánodo.

Las ventajas del LED respecto a las lámparas de incandescencia son varias, destacando su menor consumo, menor intensidad de corriente empleada, mayor rapidez de respuesta (alcanzan su intensidad máxima de forma instantánea), mayor duración y menos sensibles a los impactos. Esta última característica hace que sea imposible su utilización para la investigación de un accidente, dado que, por investigaciones realizadas, no se ha podido apreciar variaciones significativas de los diodos después de un impacto severo.

Las lámparas de incandescencia son las de uso más extendido, por el momento, en el automóvil, siendo aplicadas en los diferentes tipos de luces que equipan los vehículos. Su principio de funcionamiento es simple, la emisión de luz se produce por el paso de una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta (superior a 2500º C) que emite radiaciones visibles por el ojo humano. El material que se emplea en el filamento es el wolframio (los británicos y norteamericanos utilizan el nombre de tungsteno) con una forma helicoidal. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le hace el vacío o se rellena con un gas. Esto permite clasificar las lámparas incandescentes utilizadas en los vehículos en dos grandes grupos:

- Lámparas no halógenas (con vacío interior o gas inerte)
- Lámparas halógenas (gas con halógenos en su interior)

Las lámparas no halógenas (tienen generalmente el eje del filamento perpendicular al sentido de avance) fueron las primeras en ser utilizadas en los vehículos para todos los proyectores, siendo utilizadas en la actualidad en las luces de señalización (intermitentes, frenado o posición traseras) o en luces interiores. En vehículos con cierta antigüedad

© ITES - Paraninfo

todavía circulan con este tipo de lámpara en los proyectores delanteros de luz de cruce o carretera.

Uno de los problemas de las lámparas incandescentes no halógenas es su degradación con el tiempo, produciéndose una disminución significativa del flujo luminoso. Esto se debe, en parte, al ennegrecimiento de la ampolla por culpa de la evaporación de partículas de wolframio del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla. Además, este proceso contribuye a la degradación del filamento.

Las lámparas halógenas son las que se utilizan en la actualidad en la mayoría de las luces de carretera, cruce y niebla. La diferencia con las anteriores estriba en la presencia de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo) en el interior de la ampolla. La presencia del gas de relleno consigue establecer un ciclo de regeneración del filamento que evita el ennegrecimiento. Cuando el wolframio se evapora se une al bromo formando el bromuro de wolframio. Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de 260 °C) no se deposita sobre éstas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en wolframio que se deposita sobre el filamento y bromo que pasa al gas de relleno. Por tanto, ni degrada el filamento ni la superficie interna de la ampolla.

El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas. Son más pequeñas y compactas que las lámparas normales y la ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo. Dada la alta temperatura de funcionamiento se debe evitar el contacto directo con la ampolla durante el montaje, ya que esto podría ocasionar la explosión de la misma por un exceso de temperatura superficial.

Se introdujeron en los automóviles en el año 1964 cuando se fabrican los primeros faros auxiliares de largo alcance con tecnología halógena con bombillas de tipo H1. Supusieron una revolución en la iluminación de los vehículos dada su mayor luminosidad y duración que las lámparas no halógenas. Desde entonces se han ido imponiendo como aplicación a las luces de cruce, carretera y niebla.

5.5.3 TIPOS DE LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA

En este apartado se detallas los tipos de lámparas de incandescencia y su aplicación en los vehículos actuales. Para ampliar la información se pueden consultar la legislación y normativa al respecto que se detalla:

- Reglamentos de Ginebra:
  - N.2. Lámparas eléctricas de incandescencia para los proyectores que contempla el Reglamento l
  - N.37 Lámparas de incandescencia
  - N.57 Lámparas para motos
- Directiva Europea:
  - 76/761, 89/517 12.09.89 y 99/017 12.04.99 Lámparas y proyectores
- Normas UNE:
  - UNE 60809 Lámparas de filamento para vehículos de carretera

© ITES - Paraninfo

Según el Reglamento 37 las lámparas de incandescencia se clasifican en diferentes categorías en función de su concepción, considerando dentro de cada categoría diferentes tipos si se tiene uno de los supuestos siguientes:

- Cambia la marca de fábrica o comercial
- Cambia la concepción de la ampolla, afectando a los resultados ópticos
- Cambia el color de la ampolla
- Cambia la tensión nominal

Para identificar las lámparas, éstas deben llevar inscrito, sobre el casquillo o la ampolla, lo siguiente:

- Marca de fabricante o comercial
- Tensión nominal
- Designación de la categoría
- Potencia nominal. En caso de doble filamento primero se indica la potencia del principal seguido del auxiliar (pot. Princ./pot. Aux.)
- Marca de homologación

Tabla 5.3a Tipos de lámparas incandescentes para vehículos (ECE 37) y su aplicación más habitual. Por señalización se entiende lámparas no usadas en luce delanteras de cruce o carretera

Categoría	Aplicación habitual	Tensión (V)	Potencia (W)	Casquillo
R2	Luz de carretera / Luz de cruce	6	45/40	P45t
		12	45/40	P45t
		24	55/50	P45t
H1	Luz de cruce. Luz de niebla. Luz adicional de carretera	6	55	P14.5s
		12	55	P14.5s
		24	70	P14.5s
H3	Luz de niebla. Luz adicional de carretera	6	55	PK22s
		12	55	PK22s
		24	70	PK22s
H4	Luz de carretera / Luz de cruce	12	60/55	P43t-38
		24	75/70	P43t-38
P21W	Luz de frenado. Indicadores de dirección. Luz de niebla trasera. Luz de marcha atrás	6	21	BA15s
		12	21	BA15s
		24	21	BA15s
P21/4W	Luz de frenado / Luces posteriores	6	21/4	BAZ15d
		12	21/4	BAZ15d
		24	21/4	BAZ15d
P21/5W	Luz de frenado / Luces posteriores	6	21/5	BAY15d
		12	21/5	BAY15d
		24	21/5	BAY15d

© *ITES - Paraninfo*

Tabla 5.3b Tipos de lámparas incandescentes para vehículos (ECE 37) y su aplicación más habitual. Por señalización se entiende lámparas no usadas en luce delanteras de cruce o carretera

Categoría	Aplicación habitual	Tensión (V)	Potencia (W)	Casquillo
R5W	Luz de posición. Luces posteriores	6 12 24	5 5 5	BA15s BA15s BA15s
R10W	Luces posteriores	6 12 24	10 10 10	BA15s BA15s BA15s
C5W	Luz de matrícula. Luces posteriores. Luces interiores	6 12 24	5 5 5	SV8.5 SV8.5 SV8.5
C21W	Luz de marcha atrás. Luces interiores	12	21	SV8.5
T4W	Luz de posición. Luces interiores	6 12 24	4 4 4	BA9s BA9s BA9s
W5W	Luz de matrícula. Luces de posición. Luces interiores. Luz de frenos (3ª luz)	6 12 24	5 5 5	W2.1x9.5d W2.1x9.5d W2.1x9.5d
W3W	Luz de matrícula. Luces de posición. Luces interiores	6 12 24	3 3 3	W2.1x9.5d W2.1x9.5d W2.1x9.5d
S1	Luz de carretera / Luz de cruce motocicletas	6 12	25/25 25/25	BA20d BA20d
S2	Luz de carretera / Luz de cruce motocicletas	6 12	35/35 35/35	BA20d BA20d
S3	Luz de frenado	6 12	15 15	P26s P26s
HS1	Luz de carretera / Luz de cruce motocicletas	6 12	35/35 35/35	PX43t PX43t
HS2	Luz de carretera. Luz de cruce motocicletas	6 12	15 15	PX13.5s PX13.5s
PY21W	Luz de frenado. Indicadores de dirección.	12 24	21 21	BAU15s
H6W	Señalización. Luces de posición	12	6	BAX9s
HB3	Luz de carretera (vehículos americanos)	12	60	P20d
HB3A	Luz de carretera (vehículos americanos)	12	60	P20d
HB4	Luz de carretera. Luz de cruce (vehículos americanos)	12	51	P22d
HB4A	Luz de carretera. Luz de cruce (vehículos americanos)	12	51	P22d
T1.4W	Señalización. Luz interior	12	1.4	P11.5d
H7	Luz de carretera. Luz de cruce	12 24	55 70	PX26d PX26d
H27W/1	Luz de carretera. Luz de cruce (vehículos americanos)	12	27	PG13

© ITES - Paraninfo

Tabla 5.3c Tipos de lámparas incandescentes para vehículos (ECE 37) y su aplicación más habitual. Por señalización se entiende lámparas no usadas en luce delanteras de cruce o carretera

Categoría	Aplicación habitual	Tensión (V)	Potencia (W)	Casquillo
H27W/2	Luz de carretera. Luz de cruce (vehículos americanos)	12	27	PGJ13
P27W	Luz de frenado. Indicadores de dirección			
P27/7W	Luz de frenado/ Indicadores de dirección	12	27/7	W2.5x16q
WY5W	Luces traseras. Luces laterales (indicadores de dirección). Luces interiores	6 12 24	5 5 5	W2.1x9.5d W2.1x9.5d W2.1x9.5d
H21W	Luces de frenado. Indicadores de dirección	12 24	21 21	BAY9s BAY9s
W21W	Luz de frenado. Indicadores de dirección	12	21	W3x16d
W21/5W	Luz de frenado/ Luz trasera	12	21/5	W3x16q
W2.3W	Señalización	12	2,3	W2x4.6d
H8	Luz de carretera. Luz de cruce. Luz de niebla (vehículos americanos)	12	35	PGJ19-1
W16W	Luz de freno (3ª luz)	12	16	W2.1x9.5d
HIR1	Luz de carretera	12	65	PX20d
PY27/7W	Señalización	12	27/7	WX2.5x16q
HIR2	Luz de carretera. Luz de cruce.	12	55	PX22d
H9	Luz de carretera. Luz de cruce. Luz de niebla (vehículos americanos)	12	65	PGJ19-5
H10	Luz de niebla	12	42	PY20d
H11	Luz de carretera. Luz de cruce. Luz de niebla (vehículos americanos)	12 24	55 70	PGJ19-2 PGJ19-2
H12	Luz de niebla	12	53	PZ20d
WY21W	Luz de frenado. Indicadores de dirección		21	
WY2.3W	Señalización	12	2,3	W2x4,6d
P19W	Señalización			
PS19W	Señalización			
PY19W	Señalización			
PSY19W	Señalización			
P24W	Señalización			
PS24W	Señalización			
PY24W	Señalización			
PSY24W	Señalización			
H13	Luz de carretera			

Dado que la utilización de las lámparas en la reconstrucción de un accidente requiere el análisis del filamento y que, como se puede ver en la tabla, existen lámparas con dos

© *ITES - Paraninfo*

filamentos, en las siguientes figuras se recogen esos tipos de lámparas y la función de cada uno de los filamentos.

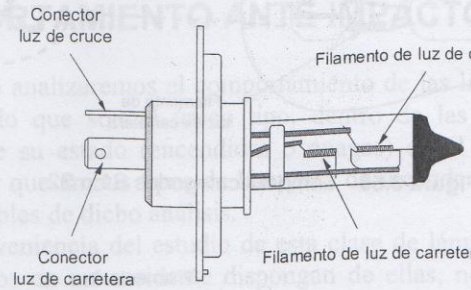


Figura 5.52 Lámpara categoría H4 (similar a HS1). La posición de la figura se correspondería con una vista lateral de la misma en su montaje en el vehículo

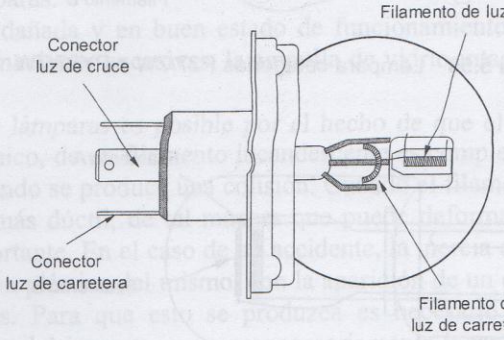


Figura 5.53 Lámpara categoría R2. La posición de la figura se correspondería con una vista superior de la misma en su montaje en el vehículo

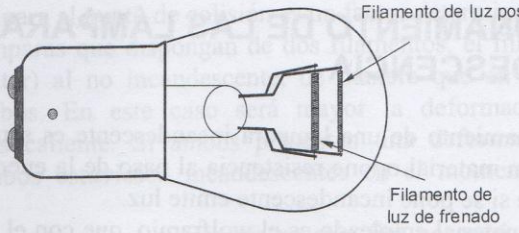


Figura 3.54 Lámpara categoría P21/4W o P21/5W

© ITES - Paraninfo

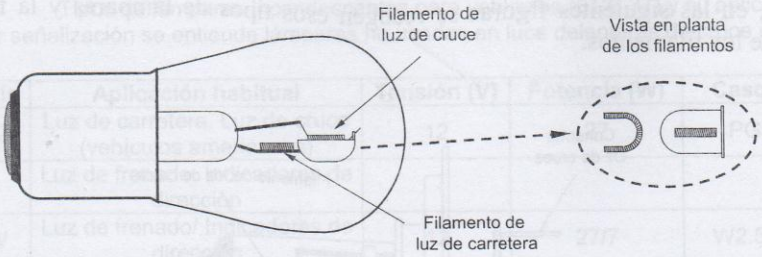


Figura 3.55 Lámpara categorías S1 o S2

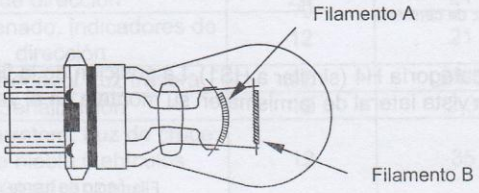


Figura 5.56 Lámpara categorías P27/7W o PY27/7W

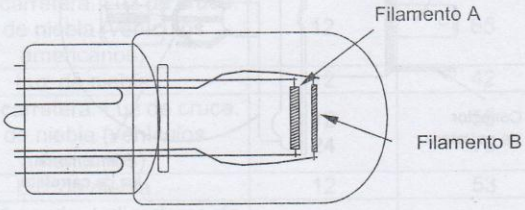


Figura 5.57 Lámpara categoría W21/5W. Filamento A corresponde a la luz de frenado y el filamento B corresponde a la luz trasera

5.5.4 FUNCIONAMIENTO DE LAS LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA

El principio de funcionamiento de una lámpara incandescente es sencillo, se basa en el hecho de que cuando un material opone resistencia al paso de la energía eléctrica genera calor, de tal manera que si se pone incandescente emite luz.

En las lámparas, el material empleado es el wolframio, que con el paso de la corriente eléctrica por un filamento de dicho material alcanza temperaturas superiores a 2000º C. A tal temperatura, si el filamento de wolframio entra en contacto con oxígeno arde (se

© *ITES - Paraninfo*

oxida) en cuestión de segundos. Para evitar la oxidación del filamento, se introducen en las ampollas anteriormente descritas.

5.5.5 COMPORTAMIENTO ANTE IMPACTOS

En el presente apartado analizaremos el comportamiento de las lámparas incandescentes ante los impactos, dado que son el único tipo, dentro de las descritas, que pueden presentar evidencias de su estado (encendidas o apagas) en el instante del accidente. Además, es de destacar que ambos tipos de lámparas de incandescencia, no halógenas y halógenas, son susceptibles de dicho análisis.

La necesidad y conveniencia del estudio de esta clase de lámparas, siempre que el o los vehículos implicados en un accidente dispongan de ellas, no sólo resulta útil para lograr el máximo acopio de datos objetivos, también permite contrastar las declaraciones de las personas implicadas acerca del uso correcto del dispositivo de frenado, luces, intermitencias, etc. Cualquier duda o divergencia que pueda plantearse en relación con estas cuestiones concretas, podrá ser disipada de forma irrefutable mediante el análisis adecuado de las lámparas.

Una lámpara no dañada y en buen estado de funcionamiento presenta un filamento brillante y sin deformaciones excesivas, la ampolla de vidrio intacta y sin corrosiones en el casquillo.

El análisis de las lámparas es posible por el hecho de que el comportamiento, tanto mecánico como químico, de un filamento incandescente es completamente diferente al de un filamento frío cuando se produce una colisión. Cuando el filamento está incandescente el material se hace más dúctil, de tal manera que puede deformarse plásticamente ante una aceleración importante. En el caso de un accidente, la inercia del filamento puede dar lugar a la deformación plástica del mismo, con la aparición de un espaciado notable entre las diferentes espiras. Para que esto se produzca es necesario que el filamento esté caliente en el instante del impacto, pero no necesariamente incandescente, bastando que lo hubiese estado instantes antes de producirse. Si bien, el grado de deformación depende, entre otros factores, de dicha temperatura (a mayor temperatura mayor deformación).

Además, para que en un filamento caliente se produzca una deformación significativa es necesario que se alcancen aceleraciones pico superiores a 400g. Esto implica que la proximidad de la lámpara al punto de colisión es un factor determinante.

En el caso de lámparas que dispongan de dos filamentos, el filamento incandescente puede afectar (calentar) al no incandescente, de manera que en un impacto aparezca deformación en ambos. En este caso será mayor la deformación en el filamento incandescente o más caliente. Si ambos presentan una deformación similar, lo más probable es que ambos estuviesen incandescentes en el momento del impacto o un instante anterior.

La ausencia de deformación en filamento no significa necesariamente que la lámpara no estuviese encendida en el momento del impacto. La magnitud de la deformación depende de varios factores:

© ITES - Paraninfo

- La aceleración que sufra el filamento. Es posiblemente lo que más influye en dicha deformación. Depende a su vez de la severidad del impacto y de la posición de la lámpara con respecto a la zona de colisión ya que, cuanto más alejada, menor será la aceleración sufrida.
- El tamaño del filamento.
- El envejecimiento del filamento.
- La temperatura del filamento.

Un filamento frío (no incandescente) puede romper a consecuencia de la colisión, presentando una fractura frágil (zona de rotura recta o escalonada). En el caso de rotura con el filamento caliente la zona presenta una fractura dúctil (plástica) apareciendo, generalmente, material fundido en el extremo formando una pequeña "bola". En la mayoría de los casos es necesaria la utilización de un microscopio para poder observar el tipo de rotura, no siendo apreciable a simple vista.

Si el filamento de la lámpara está roto por envejecimiento el bulbo de cristal aparece ennegrecido por su interior, debido a la evaporización del wolframio. Este tipo de rotura por envejecimiento suele producirse en la parte central del filamento, mientras que la rotura en caliente por impacto suele tener lugar en la proximidad de los soportes.

Para producir la rotura del filamento en frío es necesario un impacto mucho más severo (mayores aceleraciones) que para producir la rotura en caliente. Por tanto, para que aparezca una rotura en frío es necesario que la lámpara esté muy próxima al punto de colisión.

Cuando un filamento caliente entra en contacto con el aire, por ejemplo por que se rompe el bulbo de cristal que lo protege, se oxida rápidamente. Esto se puede apreciar a simple vista por la aparición de un "polvo" blanco-amarillento (óxido de wolframio) que se deposita en las superficies próximas al filamento, como por ejemplo la parte interna del bulbo, en el soporte del filamento o sobre otro filamento anexo. Esto es una evidencia clara de que el filamento estaba incandescente en el momento de la rotura del bulbo.

Según diferentes autores (*Kawakami, A.* [24]), la coloración del filamento depende de la temperatura que tiene en el instante en que se pone en contacto con el aire. Así, podrá tomar, en orden desde la mayor temperatura a la menor, un color gris mate, azul oscuro, verde, azul, púrpura, amarillo y gris brillante. Se ha obtenido experimentalmente una expresión matemática que relaciona el color de la oxidación con el tiempo transcurrido desde que se apaga la lámpara hasta que se rompe. Esto es:

$$T=A\cdot X+B$$

Donde:

T : tiempo en segundos transcurrido desde que se apaga la lámpara hasta su rotura

X : constante dependiente del color del filamento. Azul oscuro=1; verde=2; azul=3; púrpura=4; amarillo=5; gris brillante=6

$A = (4{,}83\cdot N - 5{,}37)\cdot 10^{-3}$

$B = (0{,}36\cdot W^2 + 6{,}38\cdot W - 11{,}67)\cdot 10^{-3}$

© *ITES - Paraninfo*

N potencia en watios de la lámpara

Estando la lámpara encendida, si el bulbo y el filamento rompen a la vez, no se produce la formación de óxido. Esto se debe a que no hay tiempo suficiente para que el filamento se queme. En este caso, la superficie del filamento pierde su brillo, adquiriendo una tonalidad gris mate.

Si la rotura del bulbo de cristal se produce con el filamento frío, el wolframio no reacciona con el oxígeno, manteniendo el aspecto que tenía antes de la rotura, generalmente con la superficie limpia y brillante. En este caso, se puede afirmar que la lámpara estaba apagada en el momento del impacto.

Otro indicador de la rotura de la lámpara en estado incandescente es la aparición de cristal fundido sobre el filamento. Cuando se produce la rotura del bulbo pequeñas partículas de cristal pueden entran en contacto con el filamento, de tal manera que si éste está incandescente, las partículas se funden quedando adheridas a la superficie del filamento. Muchas veces pueden apreciarse a simple vista, pero en otros casos es necesario recurrir a un microscopio para poder determinar la presencia de dichas partículas. En el caso de lámparas de doble filamento sólo aparecerán sobre el que estuviese incandescente instantes antes de la rotura. En este tipo de lámparas es más probable la aparición en el filamento más "grueso" que es de más potencia (generalmente el de freno o el indicador de dirección).

Si el filamento está frío en el momento de la rotura no se produce este fenómeno, con lo cual, se puede afirmar que en caso de estar presentes partículas fundidas del bulbo sobre la superficie del filamento la lámpara estaba encendida.

Para que se funda el cristal es necesario que entre en contacto con el filamento. Esto es más fácil que se produzca en las lámparas no halógenas, ya que generalmente su interior está en vacío, con lo que el bulbo implosiona (explosión hacia el interior). De todas formas también puede aparecer en las lámparas halógenas.

En el caso de las lámparas indicadoras de dirección, que se encienden de forma intermitente, se puede afirmar que el tiempo que están apagadas no es suficiente para que el filamento se enfríe hasta el punto de que no aparezcan los fenómenos descritos con anterioridad. Aunque el instante en que se apague coincida con el impacto, el comportamiento del filamento será el que tiene un filamento caliente, pudiendo deformarse, romper con aparición de material fundido en la zona de rotura del filamento o, en caso de rotura del bulbo, aparecer cristal fundido sobre el filamento.

La no aparición de alguno de los fenómenos descritos no permite afirmar que la lámpara no estuviese encendida en el instante de la colisión. Una de las cuestiones a tener en cuenta es la posibilidad de que la lámpara no funcionase por estar averiada antes de producirse el impacto. Sin embargo, la aparición de cualquiera de las evidencias descritas cuando una lámpara está incandescente es suficiente para afirmar que sí estaba encendida en el momento del impacto.

© ITES - Paraninfo

5.5.6 LA DEFORMACIÓN Y EL ACCIDENTE

Cuando un filamento se deforma a consecuencia de un impacto es un indicador claro de que su temperatura era elevada en ese momento, lo que significa que estaba o había estado incandescente instantes antes de dicho impacto. Como se mencionó anteriormente, la magnitud de dicha deformación depende, en gran medida, de la aceleración que sufra la lámpara, por tanto, de la violencia del impacto.

Si la magnitud de la deformación es una evidencia de la deceleración, el sentido de la deformación puede ser una evidencia de la dirección de la aceleración. Por tanto, analizando la lámpara se podría, en ciertos casos, determinar la dirección del impacto más severo.

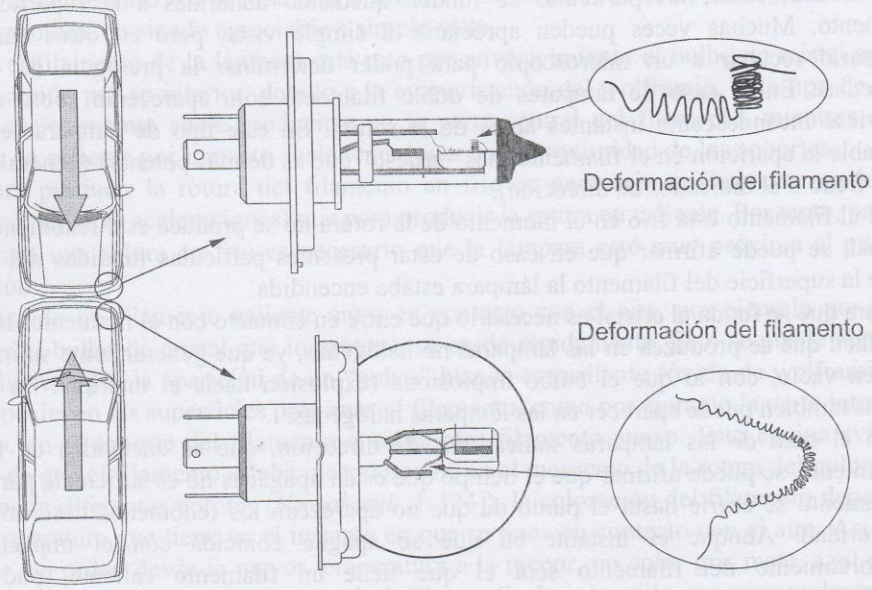


Figura 5.58 Posible deformación de los filamentos, en caso de estar a temperatura elevada, ante una colisión frontal. En ambos caso estaban encendidas las luces de cruce y no lo estaban las de carretera

El tratar de determinar la velocidad al inicio de una colisión analizando la deformación del filamento resulta extremadamente complicado y poco fiable. Esto es debido a la diferencia que existe entre la aceleración de la zona próxima al punto de colisión y la del centro de gravedad del vehículo. En tal diferencia influyen factores como el diseño de la carrocería (zonas de absorción, materiales, etc.), el punto de colisión o la dirección de la misma, entre otros.

© *ITES - Paraninfo*

Así, por ejemplo, en ensayos realizados por Johnson [23] consistentes en alcances posteriores con barrera (31,6 mph) y con un vehículo industrial (25,6 mph) sobre un turismo parado se alcanzaron las diferencias que se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 5. 4 Aceleraciones en diferentes puntos de un vehículo en dos ensayos *offset*

	ΔV (mph)	Lado izquierdo (g)	Lado derecho (g)	Centro de gravedad (g)
Ensayo contra barrera 50 % offset sobre lado izquierdo	18	760	360	15
Ensayo por alcance de veh. industrial 50 % offset sobre lado izquierdo	23	910	195	12

De la tabla se desprende cómo la proximidad de la lámpara al punto de colisión influye de forma significativa en la aceleración que sufre. De tal forma que, por ejemplo, en el ensayo con vehículo industrial las lámparas del lado derecho no se ven afectadas por el impacto.

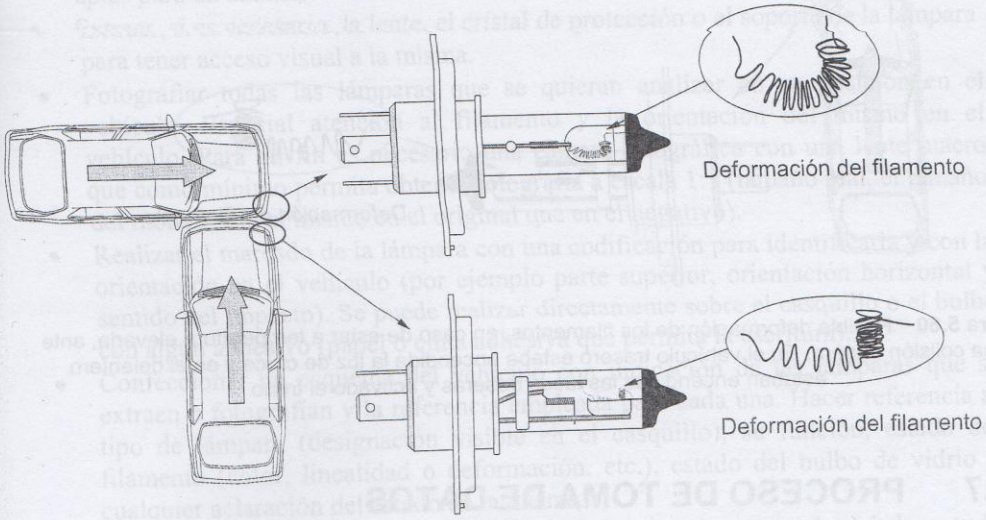


Figura 5.59 Posible deformación de los filamentos, en caso de estar a temperatura elevada, ante una colisión lateral. En ambos caso estaban encendidas las luces de cruce y no lo estaban las de carretera

© ITES - Paraninfo

- Realizar una inspección visual del estado de los mandos de luces e indicadores de dirección (activados, no activados). Es muy importante no encender las luces (de freno, de posición, de carretera, indicadoras de dirección, etc.) porque se podrían dañar las lámpara haciéndolas inservibles para un posterior análisis. Hay que tener en cuenta la posibilidad de que se haya modificado la posición durante el accidente o después.
- Si están encendidas, anotar cuales, barajando la posibilidad de que se hayan encendido con posterioridad.
- Si no están encendidas pero sí están activados los mandos comprobar la batería.
- Comprobar si alguno de los fusibles del vehículo está fundido y, en tal caso, anotar cuál.
- Fotografiar el vehículo desde todos lo ángulos.
- Determinar qué lámparas son adecuadas o válidas para ser examinadas. Conviene recordar que las lámparas más próximas al punto de la colisión son las más afectadas. Además, hay que tener en cuenta qué se pretende determinar, por ejemplo, si es el estado del sistema de frenos sólo habrá que analizar las lámparas traseras de dicho sistema. En algunos casos, por ejemplo, pueden ser útiles las lámparas del panel de instrumentos o de matrícula. Por otro lado, conviene recordar que ni las lámparas de descarga ni las formadas por diodos LED son aptas para un análisis.
- Extraer, si es necesario, la lente, el cristal de protección o el soporte de la lámpara para tener acceso visual a la misma.
- Fotografiar todas las lámparas que se quieran analizar en su posición en el vehículo. Especial atención al filamento y la orientación del mismo en el vehículo. Para tal fin es necesario una cámara fotográfica con una lente macro que como mínimo permita obtener fotografía a escala 1:1 (tamaño real, el tamaño del motivo será el mismo en el original que en el negativo).
- Realizar el marcado de la lámpara con una codificación para identificarla y con la orientación en el vehículo (por ejemplo parte superior, orientación horizontal y sentido del impacto). Se puede realizar directamente sobre el casquillo o el bulbo con algún adhesivo (papel o cinta adhesiva que permita la escritura).
- Confeccionar un esquema del vehículo con indicación de las lámparas que se extraen o fotografían y la referencia empleada para cada una. Hacer referencia al tipo de lámpara (designación visible en el casquillo), su función, estado del filamento (color, linealidad o deformación, etc.), estado del bulbo de vidrio y cualquier aclaración del estado de la misma.
- Extracción. En lámparas con bulbo intacto hay que tener especial cuidado cuando el casquillo presenta óxido porque podría romperse el bulbo en el proceso. Si el bulbo de cristal está roto hay que tener especial cuidado con lo que quede del filamento. En el caso de ópticas selladas, cuando se quiere extraer la lámpara el mejor proceso a seguir es hacerlo junto con el conector o soporte sobre el que se monta la lámpara, nunca extrayendo los terminales

© ITES - Paraninfo

- Si las lámparas están mojadas, por efecto de la lluvia por ejemplo, se debe tratar de secarlas sin tocar físicamente el filamento y sin aplicar excesivo calor.
- Empaquetado individual. La *International Association for Property and Evidence Inc.* recomienda la utilización de pequeños recipientes (de cartón o plástico) para el empaquetado y protección de la misma, así como el marcado de los mismos con la referencia de la lámpara que contengan.
- Asegurarse de que nada contacta con el filamento durante la manipulación o el transporte.

Mediante inspección visual en lo relativo a luces de posición, de carretera y cruce, luces de marcha atrás, señales de emergencia, luces de freno, iluminación de placas de matrícula, luces antiniebla, alumbrado interior, luces de estacionamiento y señalización luminosa específica, se comprobará:

- Número de luces existente.
- Funcionamiento.
- Situación.
- Homologación.
- Estado de los dispositivos.
- Color de la luz emitida.
- Conmutación carretera/cruce.
- Orientación del haz luminoso mediante el dispositivo adecuado.
- Que la intensidad de todas las luces de carretera que pueden encenderse simultáneamente no excedan de 225.000 candelas, verificándolo por la suma de los índices de intensidad que figuran en cada proyector.
- Que la luz antiniebla delantera no pueda funcionar de manera independiente de cualquier otra luz.
- Que la luz antiniebla trasera solo pueda encenderse cuando lo estén las luces de cruce, carretera antiniebla delanteras.
- Existencia de la señalización específica en los vehículos obligados a llevarla.
- La tercera luz de freno funciona de forma no simultánea con la luz de frenado obligatoria.
- La intensidad de las luces de freno no es apreciablemente superior a la de las luces de posición.
- Inexistencia del dispositivo de iluminación de la placa de matrícula trasera.
- Placa con iluminación insuficiente.
- Conmutación no reglamentaria de luces antiniebla.
- Número de catadióptricos no reglamentario.
- Situación de algún catadióptrico no reglamentaria.
- Dispositivo no homologado.
- Posibles defectos relativos al sistema de alumbrado interior.
- Inexistencia del sistema de alumbrado interior, cuando sea obligatorio.
- No coincidencia de luces de estacionamiento con luces de posición.
- Presencia de luces determinadas en los vehículos en los que está prohibida.

© ITES - Paraninfo

Por estas y otras investigaciones (Price Ray, S. [38]) se puede afirmar que, por ejemplo, ante un impacto frontal las lámparas traseras no presentarán, en la mayoría de las situaciones, deformación en los filamentos, ya que las aceleraciones que sufren, por su distancia al punto de colisión, no son lo suficientemente grandes. En la mayoría de los impactos frontales, por tanto, no se podrían utilizar las lámparas para confirmar la situación del sistema de frenos antes de la colisión (activo o no activo).

En cuanto a la relación entre forma de la deformación y la dirección del impacto, se analizan en las figuras 5.58, 5.59 y 5.60 algunos ejemplos, en los que se muestra la posible deformación que sufrirá el filamento ante una colisión frontal, una colisión lateral y una colisión trasera.

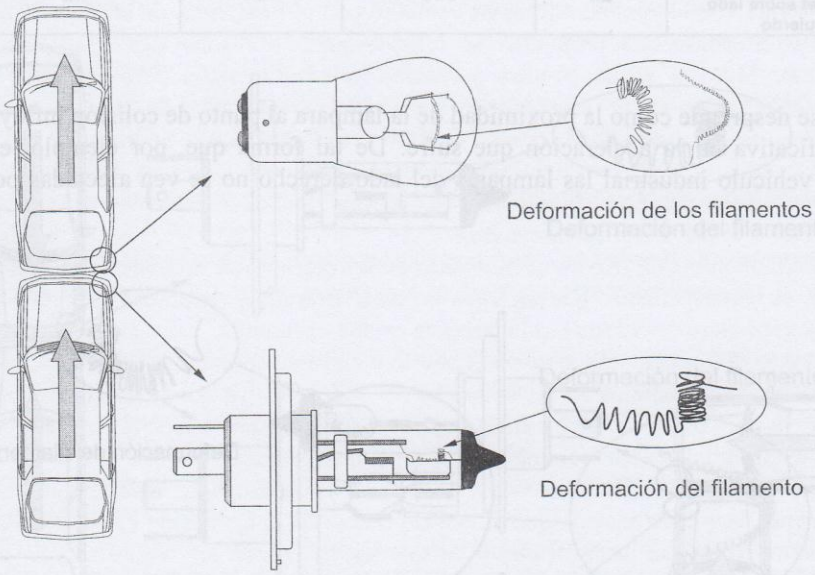


Figura 5.60 Posible deformación de los filamentos, en caso de estar a temperatura elevada, ante una colisión trasera. En el vehículo trasero estaba encendida la luz de cruce y en el delantero estaban encendidas las luces traseras y activado el freno

5.5.7 PROCESO DE TOMA DE DATOS

El procedimiento a seguir para la recogida de los datos necesarios para poder llevar a cabo un posterior análisis de las lámparas puede implicar parte o todos los aspectos que se destellan a continuación:

- Es importante, aunque no esencial, acceder al vehículo accidentado lo antes posible.

© ITES - Paraninfo

- Posibles defectos relativos a señalización de apertura de puertas.
- El dispositivo de señalización de apertura de puertas es visible aunque no haya puertas abiertas.
- Inexistencia de la señalización luminosa específica en los vehículos obligados a llevarla o existencia de esta señalización en vehículos no autorizados a llevarla.

DATOS DE INTERÉS MÉDICO-LEGAL

Por Dr. José Ángel Rodríguez Gelino, Profesor Titular del Área de Medicina Legal y Forense, de la Universidad de Oviedo

Los datos que pueden resultar útiles tanto para la identificación de las víctimas como para la reconstrucción del accidente, serán el resultado de actuaciones correctamente realizadas cuando se lleve a cabo el examen del lugar del accidente y en la práctica de la toma de muestras. Entre las diversas muestras que se deben recoger, adquieren especial importancia las manchas que puedan estar presentes, entendiéndose por mancha una zona de distinto aspecto y/o color que el resto de sustancias, que ha podido ser producida por la adición de un producto sobre una superficie.

El examen del lugar, seguido de una juiciosa interpretación, posee una singular importancia de cara a la posterior precisión del mecanismo productor del accidente. La presencia en el lugar de los hechos de huellas de vehículos en el suelo o de restos de objetos rotos, la existencia de objetos derribados o que se encuentren en posición distinta a la habitual, así como la posición de las posibles víctimas y el estado de sus vestidos, conjuntamente con la presencia de manchas de sangre y de otros fluidos biológicos, etc.

© ITES - Paraninfo

A.1

DATOS DE INTERÉS MÉDICO-LEGAL

Por Dr. José Ángel Rodríguez Getino, Profesor Titular del Área de Medicina Legal y Forense, de la Universidad de Oviedo

Los datos que pueden resultar útiles tanto para la identificación de las víctimas como para la reconstrucción del accidente, serán el resultado de actuaciones correctamente realizadas cuando se lleve a cabo el examen del lugar del accidente y en la práctica de la toma de muestras. Entre las diversas muestras que se deben recoger, adquieren especial importancia las manchas que puedan estar presentes, entendiéndose por mancha una zona de distinto aspecto y/o color que el resto de sustancias, que ha podido ser producida por la adición de un producto sobre una superficie.

El examen del lugar, seguido de una juiciosa interpretación, posee una singular importancia de cara a la posterior precisión del mecanismo productor del accidente. La presencia en el lugar de los hechos de huellas de vehículos en el suelo o de restos de objetos rotos, la existencia de objetos derribados o que se encuentren en posición distinta a la habitual, así como la posición de las posibles víctimas y el estado de sus vestidos, conjuntamente con la presencia de manchas de sangre y de otros fluidos biológicos, etc.

© ITES - Paraninfo

servirán de base al estudio previo a la formulación de una hipótesis sobre el mecanismo productor del accidente.

La toma de muestras es la recopilación de indicios que, tras su estudio y valoración, serán de utilidad para la identificación (o confirmación de la identidad) de las víctimas y contribuirán para lograr el conocimiento de las circunstancias que concurrieron en el accidente.

La Metodología de la toma de muestras puede estructurarse en tres fases o etapas, de tal forma que la enorme importancia de la última de ellas para la identificación de las víctimas, está condicionada por la correcta metodología de actuación empleada en las dos anteriores. Estas fases son las siguientes:

1ª: La búsqueda en el lugar del accidente
2ª: La recogida y posterior envío a los centros de estudio
3º: El análisis y su interpretación

Es necesario el previo planteamiento de determinadas cuestiones antes del estudio y posterior valoración de los datos obtenidos. En primer lugar hay que ser conscientes de que el accidente que se va a investigar se ha producido con anterioridad a la toma de datos por lo que, cuando lleguemos al lugar de los hechos, casi con seguridad ya han estado allí otras personas que han podido manipular los indicios generando otros sobreañadidos. A pesar de ello, y ante la posibilidad de nuevas manipulaciones, es una buena práctica la realización de un esquema, de fotografías o de una filmación que permita mantener constancia de la situación original ante la que nos encontramos.

En segundo lugar es preciso saber que la mayoría de los indicios son frágiles, por lo que su manipulación sin el cuidado necesario en su recogida, almacenamiento o envío, los convierte en inútiles. Es el caso, entre otros, de las manchas de sangre.

Identificación de víctimas y reconstrucción de atropellos

Se incluyen los siguientes campos de estudio: el terreno, el vehículo o vehículos implicados, la víctima mortal o el lesionado.

En el terreno deberá reseñarse la presencia de los siguientes indicios, especificando claramente su ubicación:

- Manchas de sangre
- Manchas de otros fluidos biológicos
- Cabellos
- Tejidos biológicos
- Otras sustancias u objetos de la víctima (gafas, prótesis, etc.)
- Restos del vehículo que pudieran estar también presentes en la víctima (cristales incrustados, restos de pintura, etc.)
- Características del suelo (puede haber restos en la víctima)

© ITES - Paraninfo

En el vehículo o vehículos, ante la certeza de encontrarnos ante el que ha causado el accidente, o en los casos en los que existan dudas al respecto y se precise un diagnóstico que lo confirme y excluya a otros, deberá señalarse la presencia de los siguientes indicios:

- Manchas de sangre
- Manchas de otros fluidos biológicos
- Cabellos
- Presencia de tejidos biológicos
- Otras sustancias
- Partes deformadas

En las víctimas hay que incluir los siguientes elementos:

- Muestras de sangre
- Restos de otras sustancias: incrustaciones, etc.
- Descripción macroscópica de las lesiones externas
- Ubicación de las lesiones externas
- Posición de la víctima (en atropellos mortales)
- Data de las lesiones

Accidentes con lesiones de ocupantes

Abarca los siguientes campos de estudio: el vehículo, las víctimas y el entorno. En el vehículo en el que viajaban en el momento del accidente se incluirá de existencia y ubicación de:

- Manchas de sangre
- Otros fluidos biológicos
- Cabellos
- Otros tejidos biológicos
- Otras sustancias
- Deformaciones estructurales (intrusiones)

En las víctimas deberá reseñarse:

- La posición final (en caso de víctimas mortales)
- La posición inicial (posición en el momento del accidente)
- Los tipos de lesiones externas que presenta
- La ubicación de las lesiones
- La data de las lesiones

Referente al entorno puede resultar muy útil para establecer un criterio de concordancia a la hora de formular una hipótesis sobre la forma de producción del accidente, el especificar las condiciones externas que hayan podido influir en los órganos de los sentidos del conductor, entre las que se incluyen las meteorológicas, las ambientales, las horarias, etc.

© ITES - Paraninfo

1ª Fase: LA BÚSQUEDA EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE

A- EXAMEN Y TOMA DE DATOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS VÍCTIMAS Y LA INVESIGACIÓN DE LOS ATROPELLOS

Deberá realizarse en el terreno, en los vehículos implicados y en las víctimas (cadáveres o lesionados)

A.1.- Toma de Datos en el terreno

Sobre el terreno en el que se ha producido un atropello deberá investigarse la presencia de fluidos biológicos, así como de cabellos y de otros tejidos orgánicos. En ocasiones, dependiendo de la violencia traumática, podrán estar presentes restos biológicos que son el resultado de amputaciones o cortes, así como piezas dentarias, etc.

Es importante reseñar la posible presencia de objetos personales (gafas, audífonos, etc.), o prótesis de las víctimas.

Parte del polvo, de la tierra, de piedras pequeñas, etc., presentes en el lugar pueden haberse incrustado en las regiones anatómicas de la víctima por un mecanismo de compresión y/o frotación (arrastre).

A.2.- Toma de Datos en los Vehículos

Se tendrá en cuenta la posible presencia de fluidos biológicos, sobre todo de sangre, siendo conscientes de que pudo haberse producido algún tipo de lesión en la víctima sin que por ello haya huellas sanguíneas sobre el vehículo.

Los restos de cabellos y de fragmentos cutáneos, conjuntamente con las huellas de sangre, pueden ser indicativos de la estructura del vehículo que tomó contacto con la víctima.

Es igualmente indicativo de que se trata de un punto de contacto con la víctima el hecho de que algunas partes del vehículo, que normalmente presentan suciedad por acúmulo de materiales como barro, grasa, etc., se encuentren limpias.

Otro tipo de indicios que pueden estar presentes en el vehículo son restos de los vestidos que portaba la víctima.

En cualquier caso deberán observarse la zonas deformadas o desplazadas del vehículo para poder establecer criterios de concordancia con los tipos y ubicación de las lesiones que presentan los que han sufrido el atropello.

A.3.- Toma de Datos en las Víctimas

Se puede considerar que se trata de víctimas mortales únicamente cuando algún profesional cualificado haya emitido el diagnóstico de muerte, y puesto que en estos casos se trata de muertes violentas, le corresponde al Ministerio de Justicia la realización de las diligencias oportunas encaminadas a la determinación de la etiología de la misma, por lo que en ningún caso deberemos llevar a cabo actuaciones que correspondan a la comisión judicial encargada del levantamiento del cadáver.

© ITES - Paraninfo

Con independencia de lo anteriormente reseñado, cuando se trate de víctimas mortales, los datos a considerar son los siguientes:

a) Nombre, apellidos y D.N.I. (si es posible)
b) Sexo, raza, talla, edad aparente
c) Posición en la que se encuentra: Descripción de la postura que presenta el cadáver
d) Sitio exacto en el que yace: Se debe precisar la orientación y la distancia respecto a objetos, muros, árboles, etc., que sirvan de referencia
e) Descripción de su aspecto externo: Incluye vestidos, manchas (de sangre, de sustancias del suelo, de pintura, etc.) especificando el tamaño y la ubicación de las mismas.

Igualmente se realizará una descripción de la posible existencia y ubicación anatómica de las lesiones externas que, a simple vista y sin mover el cadáver, puedan ser detectadas.

¡En ningún caso se deber manipular el cadáver, ya que estas actuaciones solamente podrán ser realizadas por los funcionarios del Ministerio de Justicia!

Cuando se trate de lesionados vivos, se tomará nota de los siguientes datos:

a) Nombre, apellidos y D.N.I.
b) Descripción de su aspecto externo. Incluye los vestidos y los desperfectos de los mismos; la presencia de manchas, su naturaleza y ubicación; los restos de materiales incrustados en los vestidos o en la piel, etc.
c) Descripción de las lesiones:
   - Naturaleza: Contusión, herida, amputación, etc. Existen patrones lesionales típicos producidos por diferentes tipos de vehículos
   - Número
   - Regiones anatómicas de asiento: Puede resulta útil la utilización de esquemas que permitan señalar la región anatómica en la que se localizan las lesiones, intentando especificar su alcance en profundidad por medio de señalar la afectación de estructuras óseas y/o de vísceras. Para ello utilizaremos tres tipos de esquemas que, cada uno, represente las partes anterior y posterior del organismo, y que incluyan el hábito externo, el esqueleto y las vísceras.
   - Distancia de la lesión a puntos fijos de referencia anatómica tales como relieves óseos, orificios naturales, etc.
   - Forma
   - Aspecto externo: Coloración, etc.
   - Dimensiones exactas
   - Dirección referida a los tres planos del cuerpo
   - Caracteres particulares: Descripción de los bordes (lisos, irregulares, etc.), presencia de líquidos (sangre, exudados, etc.).

© ITES - Paraninfo

B- EXAMEN Y TOMA DE DATOS EN LOS PASAJEROS QUE RESULTARON LESIONADOS EN ACCIDENTES DE TRÁFICO

Cuando las víctimas de los accidentes de tráfico eran los ocupantes de los vehículos siniestrados, el estudio y posterior recogida de datos se centrará, fundamentalmente, en el vehículo, en las víctimas y en el entorno del lugar de producción.

B.1.- Toma de Datos en el Vehículo

La toma de datos de interés en los vehículos siniestrados que permitan formular unos criterios de correspondencia entre la biomecánica y los cuadros lesionales de las víctimas, incluye, fundamentalmente, la recogida de cualquier tipo de mancha de fluidos biológicos o tejidos orgánicos. Debe especificarse la localización exacta para una posterior reconstrucción del mecanismo lesional a base de un estudio de los desplazamientos de las víctimas en el interior del vehículo conjuntamente con las intrusiones de las estructuras deformadas.

En relación a las intrusiones o deformaciones de la estructura que disminuyen el volumen del espacio interior del vehículo y que, en muchas ocasiones, producen lesiones por compresión, atrapamiento, torsión, etc., es importante detallar todas ellas y relacionarlas con la posición inicial y final de los lesionados.

B.2.- Toma de Datos en las Víctimas

Los desplazamientos que en el interior del vehículo experimentan los ocupantes en el accidente de tráfico son, conjuntamente con la reducción del espacio interior por causa de la deformidad de las estructuras, los condicionantes de la producción de las lesiones cuando se produce una deceleración brusca. Para su estudio es preciso señalar el punto de partida de la víctima (situación exacta en el momento del accidente, que incluye la postura, etc.) y la posición final, describiendo los obstáculos o estructuras contra las que fue proyectada o resultó atrapada la víctima.

La ubicación topográfica de las lesiones deberán corresponder con la cinemática del accidente del mismo modo que el tipo y morfología de las mismas con los objetos que las causaron (estructuras interiores, etc.), por lo que es de suma importancia su descripción detallada.

Esta descripción deberá incluir la posible presencia de sustancias o manchas y la estimación del tiempo transcurrido desde la producción de las lesiones (data)

Como anteriormente se detallaba haciendo referencia a los atropellos, cuando se trate de víctimas mortales la manipulación del cadáver corresponde únicamente a funcionarios del Ministerio de Justicia.

B.3.- Toma de Datos del Entorno

Cualquier situación presente en el entorno que pueda afectar a la percepción sensorial deberá ser tenida en cuenta. Es el caso de aquellas circunstancias que por dificultar o impedir la percepción acústica, visual, etc., pudieran haber tenido algún tipo de influencia en la producción del accidente.

© ITES - Paraninfo

2ª Fase: RECOGIDA Y POSTERIOR ENVIO A LOS CENTROS DE ESTUDIO

Como complemento al estudio del lugar de los hechos está la recogida y posterior envío de las muestras a los centros de estudio. Lo que en un principio es únicamente un indicio, más tarde puede constituir una prueba de utilidad para lo que pretendemos investigar.

Son muchas las sustancias que pueden estar presentes en nuestro campo de estudio. Cada tipo de muestra precisa de una técnica de recogida diferente en función de las características de la sustancia de que se trate y de la superficie sobre la que se encuentre, por lo que, de forma sencilla, se recogen una serie de recomendaciones al respecto:

Manchas de Sangre

La recogida de manchas de sangre está condicionada, entre otras cosas, por su estado líquido o solidificado. La sangre líquida deberá recogerse en frascos clínicos, limpios y secos, a los que se deberá añadir una sustancia anticoagulante, como puede ser el fluoruro sódico (50 mg por cada 5 ml de sangre). Se deberá llenar todo el recipiente y cerrarlo herméticamente, procurando que en su traslado permanezca a una temperatura de aproximadamente 4º C.

Si la sangre se ha solidificado (sangre seca) puede recogerse con el soporte sobre el que asienta y proceder a su envío o, en el caso de que esto no sea posible, se realizarán raspaduras con un bisturí o cuchilla y se recogerán en un tubo apropiado.

Cuando la sangre se encuentra sobre objetos porosos (como puede ser una prenda de vestir), hay que dejar que se seque a la temperatura ambiental y, una vez seca, remitiremos la prenda completa o el fragmento de la misma en la que se encuentre la mancha. El tradicional Método de Taylor consiste en colocar un papel de filtro sobre la mancha y añadir, en pequeñas cantidades, agua destilada o suero fisiológico. Una vez impregnado el papel, se separa y se deja secar antes de su envío.

Todos los recipientes utilizados para enviar las muestras deberán estar convenientemente etiquetados e identificados.

Pelos

La recogida de pelos debe realizarse con pinzas y sin ejercer excesiva presión sobre ellos, para evitar la posible contaminación que podría producirse si se realizara a mano.

En el caso de que el pelo e encuentre sujeto a un soporte deberá enviarse todo el conjunto. Cualquier sustancia que se encuentre unida al pelo (sangre, suciedad, etc.) puede ser útil para la identificación.

No debe utilizarse ningún tipo de pegamento o adhesivo para fijar el pelo aunque sirva para facilitar su recogida.

Las muestras se introducirán en sobres de plástico con cierre hermético o en tubos de ensayo con tapón, que deberán estar limpios.

Todos los recipientes que contengan muestras deberán estar etiquetados e identificados.

© ITES - Paraninfo

Polvo

El polvo es la acumulación de restos de naturaleza orgánica o inorgánica en forma de granos de muy reducidas dimensiones, que proceden de maniobras mecánicas (trituración, etc.).

Puede estar presente en los vestidos, por lo que se enviarán estos en bolsas apropiadas o en otros recipientes que deben cerrar herméticamente y estar etiquetados. El polvo puede recogerse por medio de la frotación con algodón para que este resulte impregnado.

Manchas de Pintura

Pueden estar sobre los automóviles, sobre las personas o en el lugar de los hechos, y pueden contener pigmentos, aglutinantes, disolventes y aditivos.

Para su localización debe procederse realizando una búsqueda meticulosa en el lugar del suceso, en los vehículos o en las víctimas de los accidentes de tráfico, utilizando una buena iluminación (directa o indirecta) y sistemas de aumento de imagen si es necesario (lupa). Es conveniente realizar un esquema que represente su localización y posteriormente enviarlas en recipientes cerrados y etiquetados.

En los casos en los que estén situadas sobre elementos metálicos, si para su obtención se utilizarán técnicas de raspado, por lo que deberemos actuar con precaución para no arrastrar parte del objeto que las soporta.

Manchas de Barro:

Estas manchas presentan aspectos muy variados en cuanto a su coloración y consistencia. Pueden encontrarse en la ropa y tejidos orgánicos de las víctimas y proceder del suelo o del barro que se encontraba adherido al vehículo causante del accidente. Se enviarán en recipientes cerrados y etiquetados.

Existen una Normas para la preparación y remisión de muestras para análisis en el Instituto Nacional de Toxicología que, entre otras cosas, especifican los sistemas de embalaje y establecen la necesidad de instaurar una "*Cadena de Custodia*" que garantice la autenticidad de las muestras enviadas y, de ese modo, su utilidad posterior como pruebas.

Con el fin de conseguir la correcta conservación de las muestras que permita su posterior estudio (toxicológico, criminalístico, etc.), se establece la utilización de un sistema de embalaje que incluye el denominado "embalaje interior" y el "embalaje exterior".

El embalaje interior esta formado por recipientes primarios estancos, por un embalaje secundario estanco (saco de plástico) y por material absorbente, para cuando se produzcan derrames, que deberá colocarse entre los recipientes primarios y el embalaje secundario. El embalaje exterior consiste en una nevera que será útil para el transporte en determinadas condiciones de refrigeración y que, una vez cargada, deberá ser precintada.

Para utilizar como recipientes primarios se recomiendan los frascos de plástico incoloro de boca ancha y doble tapa. Si lo que se envía es sangre se utilizarán frascos que

© ITES - Paraninfo

deberán estar perfectamente secos (para evitar la hemólisis) y se llenarán completamente (sin cámara de aire).

Cuando las muestras estén contenidas en varios frascos, todos y cada uno de ellos deberán estar provistos de una etiqueta que, entre otras cosas, informe del contenido y del nombre de la víctima (si se conoce).

3ª Fase: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las hipótesis que nos formulamos sobre la forma de producción del accidente, por un lado, y los resultados de los estudios de las lesiones, por otro, deben de cumplir criterios de concordancia en cuanto a:

- El tipo de las lesiones resultantes por causa de ese mecanismo
- La ubicación anatómica de las lesiones
- La intensidad de las mismas (Grado de Lesividad)
- El tiempo transcurrido desde su producción (Data)

Igualmente, los resultados de los estudios médico-legales deben ser complementarios y coherentes con los resultados de otros métodos de investigación, como son los empleados en los estudios técnicos o los utilizados en los estudios policiales, etc. No se puede olvidar que solamente existe un mecanismo de producción para un determinado accidente.

© ITES - Paraninfo

A.2

DATOS RELACIONADOS CON EL FACTOR HUMANO

Por D. José Tejero Blanco, Experto Universitario en Investigación de Accidentes de Tráfico por la Universidad de Oviedo

A la hora de enfrentarnos a la toma de datos en un accidente de circulación, hay que tener presente que son muchos y muy complejos los factores que se ven implicados en la etiología del mismo; circunstancia ésta que es abalada por múltiples investigaciones y estadísticas llevadas a cabo. Esta amalgama de factores, tradicionalmente se han venido englobando en tres grupos. Un primer grupo está integrado por aquellos factores relativos al ser humano; un segundo grupo, que engloba aquellos factores relativos al vehículo, y por último, un tercero, que agruparía todos aquellos factores relacionados con el entorno donde se desarrolla la circulación vial, considerando las infraestructuras (conservación general, trazados, señalización, etc.) y elementos atmosféricos (oscuridad, presencia de niebla, lluvia, nieve, hielo, etc.). Siendo el factor humano, el que se evidencia como el más frecuente e importante en la aparición del siniestro.

© ITES - Paraninfo

Como los condicionantes que intervienen en el factor humano son muy variados, de diferente naturaleza e interdependientes entre sí; a la hora de enfrentarnos a una toma de datos debemos de tener presente el más mínimo detalle bien relacionado con el vehículo, con la persona que maneja los mandos del mismo u otros usuarios de la vía que se vean implicados, bien sean peatones o usuarios del vehículo. Lo deseable sería que la persona implicada en una accidente de circulación, tras sufrir un siniestro, facilitara todo tipo de datos objetivos que pudieran ayudar ha valorar la interacción de los factores que intervienen. Esto sería lo ideal; si bien, en unas ocasiones no es posible obtener información de estas personas, bien por que han fallecido o bien han sido evacuadas a centros sanitarios para ser atendidos de las lesiones que presentan. Por otra parte, en el supuesto de que las personas implicadas en el accidente pudieran facilitar información sobre el desarrollo del accidente, por regla general, habría que tomarla con muchas reservas.

¿Quiénes serían las personas de las que se podría obtener información relativa al accidente? En un primer lugar, hay que hacer mención a las personas relacionadas directamente con el accidente, los implicados. Bien sean, conductores de vehículos, ciclistas, peatones, personas que conducen un grupo de animales, usuarios de la vía en general. A la hora de enfrentarnos a una toma de datos ante un accidente de circulación, la primera labor que se ha de realizar es observar el resultado del mismo, vehículos implicados, huellas, restos, para así hacerse un esquema mental de lo allí acontecido. Seguidamente, se localizarán a las personas que se han visto implicadas en el accidente, las que están allí presentes, las que han sido evacuadas a algún centro sanitario o las que se han ausentado del lugar.

Localizados los implicados, si están presentes, se les podrá oír en declaración sobre lo sucedido. De no ser así, ya que han sido evacuados a un centro sanitario para ser atendido de las lesiones que presentan, el encargado de la toma de datos, se trasladará en cuanto le sea posible, a ese centro al que han sido evacuados los implicados, y de ser factible, siempre que estén orientados, se les oirá en declaración, obteniendo de esta manera información relevante del desarrollo del accidente.

En ocasiones, puede darse el caso que personas no implicadas en el accidente o bien que son usuarios de los vehículos accidentados, se hagan pasar por los conductores de los mismos. Situación ésta que se da para que el verdadero conductor del vehículo, pueda eludir actuaciones de tipo penal o administrativo contra él; bien porque conducen habiendo ingerido alcohol, drogas tóxicas, estupefacientes, sustancias psicotrópicas; bien por tener suspendida la Autorización Administrativa para conducir por sentencia Judicial firme o por vía Administrativa o por carecer de esta autorización. En otras situaciones, piénsese, en el supuesto de que el conductor de un vehículo presenta lesiones, haciéndose pasar por usuario para así poder acceder a indemnizaciones de mayor cuantía, las cuales no le corresponderían como conductor responsable del siniestro, situación ésta que se encontraría dentro del tipo delictivo de la estafa. Por todo ello, es necesario comprobar que quién se reconoce como conductor de un vehículo es realmente el conductor; desterrando suposiciones y dando por supuestas en ocasiones, situaciones como que el titular de un vehículo sea su conductor, para lo que es necesario comprobar y contrastar

© ITES - Paraninfo

información con otros conductores implicados, testigos, trasladarse a centros sanitarios identificando a las personas allí evacuadas, comparando lesiones y mecanismos lesionales con daños y restos en los vehículos o calzada, sin olvidar la posibilidad de tomar huellas en la parte del habitáculo correspondiente al conductor. De la misma forma que también puede indicarse a la persona que afirma haber sido la conductora, que ocupe el asiento del conductor para poder medir las distancias correctas a los pedales, sobre todo en aquellos casos en los que puedan constatarse diferencias físicas evidentes entre ambas personas.

Otras personas de quienes se puede obtener información es de los testigos. Ante la información que puedan facilitar los testigos, ha de tenerse en cuenta dónde se encontraban en el momento en que se produjo el accidente, si lo vio o si sólo escuchó el ruido del mismo; el tipo de testigo de que se trata: si tiene relación con alguno de los implicados; si tiene algún interés; aquel testigo que no tiene ni relación con los participantes ni interés alguno sobre el accidente, es sin duda el testigo más interesante a la hora de obtener una información más objetiva.

A la hora de obtener información del accidente, bien sea de las personas implicadas en el mismo, o bien de testigos más o menos directos, ha de tenerse presente, que el recuerdo que éstos tienen del hecho ocurrido no es ni objetivo, ni exacto ni completo, siendo por ende, subjetivo e interesado, estando presente el sesgo de la "memoria adaptativa", por el que se tiende a revisar, casi siempre de forma no consciente, los recuerdos adaptándolos al conocimiento y estado actual, se recuerda lo que interesa. Asímismo, este recuerdo puede estar "contaminado" por opiniones de otras personas que observaron el siniestro o por inferencias hechas tras ver el resultado final. Por otra parte, las personas implicadas, debido al temor que pueden sentir al incurrir en algún tipo de responsabilidad, tienden a desvirtuar lo ocurrido y omitir comportamientos y actitudes, bien como conductor o bien como peatón. Por ello, se tiene que recopilar los datos objetivos e indicios que puedan ayudar a determinar todos aquellos elementos personales que puedan haber intervenido en el desarrollo del siniestro.

En un primer momento, como se cita más arriba, a la llegada al lugar del accidente, ha de realizarse un minucioso estudio de los elementos objetivos presentes en el lugar; esto es, huellas sobre la calzada (marcas dejadas por los neumáticos, por partes metálicas de los vehículos, restos de fluidos, restos de cualquier otra naturaleza, etc.); daños en los vehículos y elementos de la vía; posibles trayectorias de los participantes antes y después de las colisiones, de haber existido éstas; posibles modificaciones que han sufrido tras el accidente, personas, vehículos, restos. Todo ello, dará una visión general de cómo pudo haber sucedido el accidente. Seguidamente, se pasaría a escuchar a las personas implicadas y testigos.

Para que esta toma de datos esté lo menos contaminada posible, en lo que atañe a la fiabilidad y objetividad de los datos aportados por las personas implicadas o testigos, se tendrá presente a la hora de obtener información de éstos, la siguiente metodología:

- Primeramente, como se describe anteriormente, y antes de oír a los implicados y testigos, es preciso hacerse una composición de cómo ha podido desarrollarse el accidente; para lo que se analizará los elementos objetivos presentes tras el mismo.

© ITES - Paraninfo

- Hay que procurar que transcurra el menor tiempo posible entre el momento en el que se produce el accidente y el momento en el que testigos e implicados prestan declaración, de esta manera se reducirá la posibilidad de que esté presente el sesgo de la "memoria adaptativa" y las respuestas se vean contaminadas por otras visiones del desarrollo del accidente.
- Al oír en declaración sobre el desarrollo de un accidente, conviene que estas personas, primeramente realicen una narración del accidente, sin realizarle ninguna pregunta, que efectúen un relato libre. Y es que la narración libre de unos hechos suele estar más sujeta a errores de omisión, siendo menos completa; presentando esta narración menos errores de distorsión.
- Una vez oída la narración libre, se pasaría a plantear cuestiones relativas a los antecedentes del accidente: de dónde venía, hacia dónde se dirigía, que iba a hacer, qué asuntos le preocupan antes de producirse el accidente. Seguidamente, se preguntaría sobre el accidente en sí, siguiendo un orden cronológico de los acontecimientos: situaciones ambientales, trazado de la vía, velocidad a la que circulaba, trayectorias de los vehículos o personas, antes y después de producirse el accidente. Las preguntas sobre detalles y aspectos concretos, se efectuarán al final.
- A la hora de formular las cuestiones, hay que tener sumo cuidado en no sugerir la respuesta en la propia pregunta.
- Las personas que presenten declaración, han de hacerlo de forma aislada, de esta manera unas no escuchan lo que relatan la otras. De esta manera se evitará que las manifestaciones de unos sean influenciadas por las de los otros, dando lugar a una falta de consistencia o a un falso recuerdo que en realidad no ha existido, con lo que se estaría aportando a la toma de datos información errónea.

Desglosemos en diferentes grupos los condicionantes que pueden afectar a la persona y que elementos han de tenerse presentes a la hora de una recogida de datos:

Capacidades perceptivas

La percepción, entendida como la capacidad de otorgar significado a las sensaciones a partir de la estructura y organización de los datos que se perciben a través de los sentidos; recibiendo por tanto, información de un mundo vial que están en constante cambio. Estas capacidades perceptivas, se pueden agrupar en: Percepción visual, concretada en la agudeza visual, campo visual, percepción de colores, relación espacio-temporal; percepción auditiva.

La mayor parte de la información que se recoge en el entorno vial, bien sea como conductores, bien como peatones o como usuarios, es de carácter visual, llegando a suponer el 90% de la información relevante de este entorno vial. De igual manera, la percepción auditiva, es un factor importantísimo en el desenvolvimiento vial.

Al enfrentarse a una toma de datos como consecuencia de un accidente de tráfico, se ha de tener presente las posibles alteraciones o limitaciones de las citadas capacidades perceptivas. Para lo que se acudirá al propio accidentado, si esto es posible; en el caso de

© *ITES - Paraninfo*

que no se pueda acceder a las personas accidentadas, bien por que hayan fallecido o bien sufran lesiones, se acudirá a sus familiares más cercanos, a informes forenses o médicos, en este último caso sería preciso recurrir a autorizaciones Judiciales ya que estos datos pertenecen a la privacidad de la persona. La existencia en los implicados, de aparatos que ayuden a la corrección de deficiencias en las capacidades visual o auditiva.

Pueden existir elementos ajenos al propio conductor que alteren estas capacidades perceptivas, estos elementos pueden ser permanentes o cambiantes. Entre aquellos elementos que son permanentes, se recogen todos aquellos elementos orográficos, de obra propios de las infraestructuras, inmuebles colindantes, señalización vertical, etc., los cuales pueden limitar la visibilidad de los usuarios de la vía.

Como elementos cambiantes, los cuales a la hora en que se realice la toma de datos ya pueden haber desaparecido, pasando inadvertidos y por tanto no reflejándose en la recogida de información. Se ha de observar la carga transportada por los vehículos accidentados, cuyo acondicionamiento puede limitar tanto la visión como los libres movimientos del conductor u otros usuarios de los vehículos; hay que tener presente que determinado tipo de carga puede producir alteraciones en la percepción a otros usuarios, produciendo polvo u otro tipo de molestias. En el momento en el que sobrevino el accidente, pudo haber existido humo como consecuencia de incendios próximos a la calzada, polvo, niebla, elementos éstos que a la hora de efectuarse una toma datos han desaparecido. En pocas ocasiones, se tiene presente las posibles posiciones relativas de otros vehículos inmersos en la situación vial, los cuales se desplazan en un espacio y tiempo concreto, provocando diferentes situaciones perceptivas para cada uno de los implicados en el accidente, según las distintas posiciones relativas que se consideren a la hora de la recogida de datos. Se puede dar el caso de vehículos que se encontraban estacionados en los márgenes de la calzada y que limitaran la visibilidad. De igual manera, ha de tenerse presente, las posiciones ocupadas por cada uno de los implicados en el accidente, no posee el mismo campo de visión el conductor de una cabeza tractora que el del conductor de un turismo que se encuentra a menor altura con respecto a la calzada; así como, las características antropométricas de los implicados, un peatón que mida 1,90 metros tiene mejor campo de visión que una peatón de reducida estatura, como puede ser el caso de un niño, cuya visión está mucho más limitada. Por otra parte, las personas de reducida estatura o personas que utilizan coches para minusválidos, su visión es más dificultosa, sobre todo en situaciones en las que pretenden cruzar la calzada, saliendo de entre vehículos estacionados en los márgenes, circunstancias éstas que han de ser tenidas en cuenta. Hay que reseñar, la iluminación existente en el lugar del accidente: pleno día, crepúsculo, amanecer, noche, reseñando si se trata de una vía sin iluminación, vía insuficientemente iluminada (aquella en la que, con vista normal, en algún punto de su calzada, no puede leerse la placa de matrícula a 10 metros o no se distingue un vehículo pintado de oscuro a 50 metros de distancia) o suficiente luminada; si existen condiciones meteorológicas o ambientales que disminuyan sensiblemente la visibilidad, (niebla, lluvia intensa, nevada, humo, polvo); si están implicados peatones, se reflejará el color de las ropas que vestían, prendas con gorro, sombreros, si portaban paraguas abiertos, si van provistos de elemento luminoso, de retrorreflectantes.

© ITES - Paraninfo

La percepción auditiva, se puede ver limitada por elementos exógenos a las personas implicadas, tales como la música en el interior del vehículo a elevado volumen, circunstancia que puede impedir o limitar la audición de sonidos procedentes de tráfico, para lo que se inspeccionará los equipos de audio instalados en los vehículos implicado; utilización de auriculares, muy extendidos hoy en día, sobre todo en diferentes tipo de reproductores (radios, CD, MP3, telefonía móvil). Ante la presencia en el interior del vehículo de este tipo de aparatos, habría que comprobar si están funcionando, preguntando a las personas que socorrieron en los primeros instantes tras sobrevenir el siniestro, médicos, agentes de policía, si modificaron algún elemento del vehículo o apagaron alguno de estos aparatos anteriormente citados. De igual manera, pueden existir elementos exteriores a los propios vehículos implicados, que pueden encubrir señales sonoras procedentes del mundo vial, por ello hay que prestar atención a la existencia de obras en la calzada o sus proximidades que provoquen ruidos que hagan difícil el escuchar posibles señales acústicas.

Capacidades atencionales (distracción)

Según investigaciones, este es uno de los elementos que más están presentes en los siniestros, siendo muy variados los agentes que pueden provocar la distracción estos agentes se pueden interrelacionar entre sí, por ello analizaremos diferentes indicios que pueden hacer pensar que las capacidades atencionales de los implicados en el accidente se hayan visto mermadas:

- Existencia en el interior del vehículo de libretas, agendas, mapas, periódico, que por su disposición, al encontrarse abiertas sobre el asiento del acompañante, salpicadero, pudieran hacer pensar que la atención selectiva del conductor se viera desviada hacia alguno de los elementos señalados, (quién no ha visto en alguna ocasión, a alguna persona que mientras conduce, mira un mapa, periódico, papel en general). En este punto habría que hacer mención a la incipiente aparición de los sistemas de navegación. En el párrafo segundo, apartado 1 de artículo 18 del 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, se autoriza el uso de tales sistemas; quedando reflejado de la siguientes manera: *"Se considera incompatible con la obligatoria atención permanente a la conducción el uso por el conductor con el vehículo en movimiento de dispositivos tales como pantallas con acceso a internet, monitores de televisión y reproductores de vídeo o DVD. Se exceptúan , a estos efectos, el uso de monitores que estén a la vista del conductor y cuya utilización sea necesaria para la visión de acceso o bajada de peatones o para la visión en vehículos con cámara de maniobras traseras, así como el dispositivo GPS."* Esta disposición normativa, permite el uso de sistemas de navegación; si bien, tal uso a juicio de este autor, mientras se conduce un vehículo, constituyen un elemento que desvía la atención permanente que sobre la conducción ha de tenerse, suponiendo un elemento de riesgo añadido. Este elemento tecnológico,

© ITES - Paraninfo

por otra parte, es positivo siempre y cuando su utilización se restrinja a cuando el vehículo se encuentra detenido.

- Posibles utilizaciones de la telefonía móvil mientras se conduce o al cruzar la calzada en caso de peatones; para lo que debemos determinar si en el momento de sobrevenir el accidente, las personas implicadas hacían uso del móvil. Por lo que, en muchas de las ocasiones, salvo aquellas en las que el implicado de forma voluntaria permita el acceso a estos datos, será preciso recurrir a autorizaciones judiciales, mediante las cuales se pueda acceder al listado de llamadas de telefónicas, realizadas y recibidas por el terminal de las personas implicadas en un accidente, comprobando si se estaba utilizando a la hora de sobrevenir el siniestro.
- La posibilidad de que existieran conductas interferentes sobre la conducción, como el ir comiendo o bebiendo mientras se conduce, para lo que se observará la existencia de comida (recipientes conteniendo comida que se encuentre abierto, faltando parte de ésta, bocadillos y fruta empezados, etc.) o bebida (botella, botes, que se encuentren abiertos) en el habitáculo del vehículo. Manipulaciones mientras se conduce, de aparatos de radio, CD, radiocassette, Radio-aficionado, éste último, expresamente prohibido por el artículo 18.2 del vigente Reglamento General de Circulación.
- Una serie de situaciones interferentes sobre la conducción, se deducen la redacción que se hace en el artículo 18.1 de Reglamento General de Circulación, en el que se recoge que: *"El conductor de un vehículo está obligado a mantener su propia libertad de movimientos, el campo necesario de visión y la atención permanente sobre la conducción, la del resto de los ocupantes del vehículo y la de los demás usuarios de la vía. A estos efectos, deberá cuidar especialmente de mantener la posición adecuada y que la mantengan el restos de pasajeros, y la adecuada colocación de los objetos o animales transportados para que no haya interferencia entre el conductor y cualquiera de ellos."* Por ello, tendremos presente la existencia de pasajeros en el vehículo, la posición que ocupan en el mismo, piénsese en la situación en la que un bebé va sentado en la silla de retención infantil ubicada en los asientos posteriores y ante el llanto de éste, el conductor se gira para atenderlo; animales, que no van correctamente acondicionados y que pueden acceder a la posición del conductor con el consiguiente riesgo que esta situación supondría.
- Existencia de elementos ajenos a la conducción que provoquen la atención del conductor sobre ellos, como pudiera ser: una excesiva concentración de señales en la vía, que impiden una distribución adecuada de la atención, a la vez que pueden potenciar la aparición de la fatiga; la búsqueda de información ajena a la conducción, como puede ser el ir buscando un restaurante para comer, un hotel, una cabina de teléfonos, una persona determinada, buscar un aparcamiento, presencia de accidentes en la calzada, ir mirando el paisaje, existencia de elementos raros o extraños. Estos elementos ajenos a la conducción, se dan preferentemente cuando la zona no es conocida para el conductor.

© ITES - Paraninfo

- La edad avanzada, personalidad, fatiga, depresión, estrés, ansiedad, sueño, el alcohol, del que se hablará en un apartado posterior, son agentes que contribuyen a la aparición de la distracción y que interactúan entre sí, por lo que con la colaboración de las personas allegadas al conductor, personal facultativo especializado, se tratará de averiguar si el implicado en el accidente pudiera ver afectado por alguno de estos agentes. La existencia de fármacos (Antidepresivos, Hipnóticos, Sedantes, Antihistamínicos, Antiepilépticos, Ansiolíticos, etc.), en el interior del vehículo, entre sus ropas, pueden ponernos sobre la pista de que el conductor pudiera estarse tratando de alguno de los agentes reseñados. Como quiera que todos estos factores, atañen a la privacidad de las personas, salvo que de forma voluntaria se obtenga la colaboración de los implicados, será preciso acudir a mandamientos judiciales para obtener historiales médicos de estas personas. En raras ocasiones, a la hora de tomar datos relacionados con un accidente de tráfico, llegan a considerarse la existencia de estos factores.
- Sería de interés, la averiguación de la actividad realizada al menos las 24 horas anteriores a sobrevenir el accidente. Entre las que se valoraran, las condiciones laborables: jornada laboral, lo que puede dar una idea de las horas de sueño y vigilia; medio físico en el que se desarrolla (ruidos, vibraciones, iluminación deficiente, temperatura, etc.); existencia de turnos y trabajos nocturnos; tipo de trabajo, que puede dar lugar a fatiga física o la psíquica. Itinerario y tiempo de conducción; tiempo que ha dormido, a que hora se acostó y que hora se levanto, calidad de ese sueño; hora a la que efectúo la última comida. La existencia de preocupaciones, tales como problemas familiares, sentimentales, laborales, económicos, provoca que la atención de las personas se centren sobre estos problemas, que es lo que les preocupa, se va pendiente de ese mundo interior que nos preocupa, desatendiendo el mundo vial, lo que algunos autores denominan como "polarización afectiva".

Hay que tener presentes las posibles **alteraciones en la motricidad** de la persona que conduce el vehículo accidentado, o en su caso del peatón. Para lo cual, primeramente hay que observar si el vehículo conducido por la persona accidentada, presenta adaptaciones en sus mandos, adaptaciones que permitiría su uso por parte de personas que presentan algún tipo de deficiencia en la motricidad. Es de importancia, el tener presente las edades de las personas accidentadas, personas mayores y niños, presentan limitaciones en su movilidad, esquema corporal, lateralidad, estructuración espacial. Para ello, en muchas ocasiones se ha de recurrir a los familiares más próximos, los cuales informarán de si existe algún tipo de alteración psicomotriz. En otras ocasiones, al no ser posible acudir a la familia, habría que recurrir a informes médico-forenses, a la historia clínica de la persona accidentada, caso este último en el que se precisará de la pertinente autorización por parte de la Autoridad Judicial.

El alcohol, es uno de los principales factores que inciden en nuestro país sobre la accidentabilidad existente, cómo efectuar una toma de datos en relación con este factor. Hablaremos de tres posibles momento en una toma de datos, momentos que se

© ITES - Paraninfo

corresponderían con el estado en el que se encuentra el implicado accidentado, (Ileso, Herido trasladado a un centro Hospitalario y fallecido).

En el supuesto de que el conductor no hubiera sufrido lesión alguna, esta toma de datos, sería realizada en el lugar del accidente por parte del Cuerpo Policial que interviene por razón de su ámbito competencial, según se dispone en la Ley Orgánica 2/86, de 13 de marzo, De Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, (art. 12.B, c; 38.1.c y 2.b; 53.1, b, c y e) y en el Real Decreto Legislativo 339/90, de 2 de Marzo, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, (art. 5. i, k, l y o; art. 6.2 y art 7. a y e).

En este punto, hemos de hacer mención al tratamiento jurídico relativo a conducir un vehículo a motor o bicicleta habiendo consumido alcohol, (en el supuesto de estar implicado en un accidente de circulación, cualquier usuario de la vía implicado). Este hecho, puede constituir un ilícito penal o administrativo.

Como ilícito penal, viene recogido en el artículo 379, de la Ley Orgánica 10/95 de 23 de noviembre, del Código Penal, modificado por Ley Orgánica 15/2.003, de 25 de noviembre, quedando redactado como sigue: *"El que condujere un vehículo a motor o un ciclomotor bajo la influencia de drogas tóxicas, estupefacientes, sustancias psicotrópicas o de bebidas alcohólicas será castigado con la pena de prisión de tres a seis meses o multa de seis a 12 meses y, en su caso, trabajos en beneficio de la comunidad de 31 a 90 días y, en cualquier caso, privación del derecho a conducir vehículos a motor y ciclomotor por tiempo superior a uno y hasta cuatro años."* Como ilícito penal que puede constituir este hecho, corresponde a la Policía Judicial, según se dispone en el artículo 126 la Constitución, como Norma Suprema del Ordenamiento Jurídico, *"dependientes de los Jueces, de los Tribunales y del Ministerio Fiscal en sus funciones de averiguación del delito y descubrimiento y aseguramiento del delincuente, en los términos que la ley establezca."* Competencia ésta que viene igualmente recogida en el artículo 282 del Título III, Libro II del Real Decreto de 14 de septiembre de 1.882, por el que se aprueba la Ley de Enjuiciamiento Criminal y el artículo 443 del Título III del Libro V, de la Ley Orgánica 6/85, de 1 de julio, del Poder Judicial; así mismo, según se dispone en la Ley Orgánica 2/86, de 13 de marzo, de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, (art. 12.B, c; 38.1.c y 2.b; 53.1, b, c y e) y en el Real Decreto Legislativo 339/90, de 2 de Marzo, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, (art. 5. i, k, l y o; art. 6.2 y art 7. a y e); correspondería a las Fuerzas de la Guardia Civil, especialmente su Agrupación de Tráfico y a los Cuerpos de Policía dependientes de la Corporaciones Locales, (Policía Local); añadiendo los Cuerpos de Policía dependientes de las Comunidades Autonómicas que tengan transferidas competencias ejecutivas en materia de Tráfico, Circulación de vehículos a Motor y Seguridad Vial.

Como ilícito administrativo, con el enunciado, "Bebidas alcohólicas, sustancias estupefacientes y similares", viene recogido en el artículo 12 del Real Decreto Legislativo 339/90, de 2 de Marzo, por el que se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, artículo que es desarrollado en el Capítulo IV, con el enunciado, "Normas sobre bebidas alcohólicas", del Título I, del Real

© ITES - Paraninfo

Decreto 1428/2.003, 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, anteriormente citada, recogiéndose en los artículos del 20 al 26, ambos inclusive, y en los artículos 27 y 28 del Capítulo V, relativo a las "Normas sobre estupefacientes, psicotrópicos, estimulantes u otras sustancias análogas".

Novedoso en la redacción de los artículos 20 y 27 del R.G.C., es el hecho de que se contempla la prohibición para circular por las vías objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, no sólo a los conductores de los vehículos, sino que se incluye a los conductores de bicicletas.

Todo usuario de la vía, cuando se encuentre implicado en un accidente de circulación, queda obligado a someterse a las pruebas que se establezcan para la detección de las posibles intoxicaciones por alcohol (art. 12.2, párrafo primero, del texto articulado, desarrollado en el art. 21 del Reglamento General de Circulación). La metodología para determinar la tasa de alcoholemia que presenta un implicado en accidente de tráfico y requisitos que se han de cumplir, vienen recogidos en el los artículos del 20 al 26 del Reglamento General de Circulación. Se determina igualmente, la obligación que tiene el personal sanitario del centro médico, a proceder a la obtención de las muestras de la persona que haya solicitado el contraste de los resultados obtenidos mediante el método de aire espirado; así como los requisitos que ha de cumplir el personal sanitario.

En el caso de que la persona sometida a las pruebas de detección alcohólica, no alcanzara los límites mínimos y presentara síntomas evidentes de encontrarse bajo la influencia de bebidas alcohólicas, se le informará del derecho a contrastar los resultados mediante análisis de sangre, orina u otros análogos, de la misma forma que se ha descrito más arriba. Ajustándose el agente de la autoridad, a lo establecido en la Ley de Enjuiciamiento Criminal, ya que el tipo delictivo recogido en el art. 379 del C.P., lo que ha de probarse no es la tasa de alcohol en sangre (suficiente para que exista el ilícito administrativo), sino la influencia de las bebidas en la conducción. La jurisprudencia del Tribunal Constitucional, no deja lugar a dudas, sentenciando que la conducta delictiva de este artículo: "*no consiste en un determinado grado de impregnación alcohólica, sino en la conducción de un vehículo de motor bajo su influencia*", (SS. T.C., 145/85, 145/87, 22/88, 5/89 y 148/85). Esta influencia sobre la conducción, será lo que diferencie el ilícito penal del administrativo. Si bien, actualmente las Fiscalía de los Tribunales Superiores de Justicia de las diferentes Comunidades Autónomas establecen criterios, en lo relativo a la superación de unas determinadas tasas para formular acusación por delitos Contra la Seguridad del Tráfico, amen de que los síntomas sean evidentes de encontrarse bajo la influencia de bebidas alcohólicas.

En el supuesto en el que el implicado hubiera sido evacuado a un centro sanitario, como consecuencia de las lesiones ocasionadas en el accidente, de ser posible, los agentes de la autoridad podrán realizar pruebas de detección alcohólica, utilizando para ello el método que la reglamentación vigente dispone al efecto. De no ser así, el grado de impregnación alcohólica o la detección en el organismo de otras sustancias estupefacientes, psicotrópicos estimulantes u otras análogas, se realizaría mediante análisis de sangre, orina u otros análogos que el personal facultativo del centro sanitario

© *ITES - Paraninfo*

estime más adecuado, todo ello, siempre y cuando sea a petición del interesado o por orden de la autoridad judicial.

Como es bien sabido, la legislación española dispone como derecho constitucional, que nadie puede ser obligado a declarar en su contra, y que la realización de determinaciones analíticas en los casos de personas no fallecidas está sujeta a su consentimiento expreso, el cual no se podrá obtener en el supuesto de que la persona se encuentre inconsciente. Lo deseable sería que la obtención de muestras para su posterior análisis, se efectúe en los momentos inmediatamente posteriores al de sobrevenir el accidente, supeditando esta toma de muestras a la atención de las lesiones sufridas; ya que si de dilata en el tiempo, la posibilidad de obtener datos de interés en lo que se refiere a las circunstancias del accidente se verán muy limitadas. Por lo que en ocasiones, es necesario acudir a Autorizaciones Judiciales para así evitar que se demore el tiempo y se pierdan estos datos de interés.

Por otra parte, el personal médico de los servicios de urgencias de los hospitales a los que son evacuadas las personas lesionadas en accidentes, están obligados como ciudadanos, a denunciar los delitos que lleguen a su conocimiento (art. 259 de la Ley de Enjuiciamiento Criminal); y por su cargo, profesión u oficio, esta obligación viene recogida en el artículo 262 de la misma ley, utilizando un "Parte", para dar cuenta al juez de la asistencia prestada a los lesionados. El incumplimiento de tal obligación, puede constituir un ilícito penal, según se recoge en el artículo 576 del Código Penal. Por todo ello, sería deseable que el personal facultativo de los Servicios de Urgencias de los Centros Hospitalarios y de las UVI. Móviles, en los Partes por ellos emitidos, se vieran reflejados los signos externos si fueran evidentes de que el lesionado se encuentra bajo la influencia de bebidas alcohólicas u otro tipo de sustancias, circunstancia ésta que en la actualidad en raras ocasiones se da.

En el supuesto de que el implicado hubiera fallecido, será el médico forense, tal y como se recoge en el Libro VI, Título IV: "De los Médicos Forenses y demás personal al servicio de la Administración de Justicia", desarrollados en los artículos del 497 al 508, del Poder Judicial; y los artículos del 343 a 351 de la citada Ley de Enjuiciamiento Criminal; el encargado de obtención de muestras, para su estudio y determinación si se ha consumido alcohol, drogas, fármacos; así como presencia de determinadas patologías, localización y descripción de las lesiones.

Las **drogas tóxicas, estupefacientes, sustancias psicotrópicas**, se encuentran muy presentes en nuestra sociedad actual y por ende en el mundo vial. El consumo de sustancias de este tipo, da lugar al deterioro de las funciones perceptivas, atencionales, psicomotoras.

En el apartado anterior sobre el alcohol, ya se ha hecho alguna referencia a este punto, pudiendo constituir un ilícito penal o administrativo, recogido en los artículos 379 del Código Penal y 12 de la L.S.V., respectivamente.

El Reglamento General de Circulación, en su artículo 27, recoge que: "*No podrán circular por las vías objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial los conductores de vehículos o bicicletas que hayan ingerido o incorporado a su organismo psicotrópicos, estimulantes u otras sustancias análogas,*

© ITES - Paraninfo

entre las que se incluirán, en cualquier caso, los medicamentos u otras sustancias bajo cuyo efecto se altere el estado físico o mental apropiado para circular sin peligro."

En el artículo 28 del citado Reglamento, se recoge las pruebas que se realizarán para la detección de este tipo de sustancias: *"Las pruebas consistirán normalmente en el reconocimiento médico de la persona obligada y en los análisis clínicos que el médico forense u otro titular experimentado, o personal facultativo del centro sanitario o instituto médico al que sea trasladada aquélla, estime más adecuadas."*

Los resultados de las pruebas de detección de estupefacientes, psicotrópicos, estimulantes u otras sustancias análogas, se podrán repetir a efectos de contraste, mediante petición del interesado o por orden de la autoridad judicial. Pudiendo consistir este contraste en análisis de sangre, orina u otros análogos.

"El agente de la autoridad encargado de la vigilancia del tráfico que advirtiera síntomas evidentes o manifestaciones que razonablemente denoten la presencia de cualquiera de las sustancias aludidas en el organismo de las personas a que se refiere el artículo anterior se ajustará a lo establecido en la Ley de Enjuiciamiento Criminal y a cuanto ordene, en su caso, la autoridad judicial, y deberá ajustar su actuación, en cuanto sea posible, a los dispuesto en este reglamento par las pruebas para la detección alcohólica."(art. 28, 1.c).

El conducir un vehículo a motor o bicicleta, habiendo ingerido o incorporado al organismo psicotrópicos, estimulantes u otras sustancias análogas, pude constituir un ilícito penal o administrativo.

En la actualidad los cuerpos policiales encargados de la vigilancia del tráfico, circulación de vehículo a motor y seguridad vial, no disponen de medio alguno para poder detectar este tipo de sustancias, por lo que la actuación de los mismos se circunscribirán al hecho de que la persona implicada en el accidente presente síntomas evidentes o manifestaciones que razonablemente denote la presencia de cualquiera de las sustancias a las que se dedica este apartado.

Al igual que para el alcohol, se hablará de tres posibles momentos en la recogida de datos: que el conductor esté presente en el lugar del accidente; que haya sido evacuado a centro sanitario por sufrir lesiones y que haya fallecido.

En el primero de los supuestos, y cuando el agente advierta que el implicado presenta síntomas evidentes, tal y como se describe más arriba, será trasladado a centro sanitario para ser sometido a reconocimiento médico.

Las personas implicadas esta toma de datos, son en primera instancia, los agentes encargados de la vigilancia del tráfico, personal médico de los centros sanitarios, médicos forenses.

En el supuesto en el que el implicado ha sido evacuado a centro sanitario, será el personal médico del centro sanitario, a petición de los agentes, los que efectuarán los análisis que estimen más adecuados. Recordando lo que en su momento se dijo en el apartado del alcohol, respecto a la obligación que por su cargo, profesión u oficio, tiene el personal médico la obligación de denunciar los delitos que lleguen a su conocimiento.

© ITES - Paraninfo

Salvo petición expresa del implicado de someterse a las pruebas a efectos de contraste, que consistirán en análisis de sangre, orina u otros análogos o con la anuencia del mismo; será requisito imprescindible autorización de la autoridad judicial.

En el último de los supuestos, en el que el implicado haya fallecido, será el médico forense, el que obtenga las muestras para su estudio.

En la inspección del vehículo, se puede localizar, sustancias estupefacientes, psicotrópicos, estimulante u otros análogos (papelinas), o indicios que hagan pensar que se ha consumido algún tipo de estas sustancias (papel de plata quemado, jeringuillas hipodérmicas usadas, porciones de limón; en determinadas superficies restos de "polvo"). Por otra parte, personas que hayan consumido sustancias estupefacientes y se las hayan inyectado, presentarán punciones en determinadas partes de su anatomía, como puede ser el caso de los antebrazos.

En este punto, habrá que hacer mención a las personas drogodependientes que carecen de las sustancias de las que presentan adicción, presentando el síndrome de abstinencia, situación ésta que provoca que estas personas presenten alteraciones psicológicas, somáticas y comportamentales, que afectan a la seguridad vial, resultando tan peligroso para la conducción como el hecho de hacerlo bajo los efectos de las drogas. Tal situación afecta clamadamente a la seguridad vial. Por todo ello ante una recogida de datos hemos de tener presente tal circunstancia, y al encontrarnos ante una persona que pueda presentar síndrome de abstinencia, hemos de observar una sintomatología que típica: con temblores, vómitos, convulsiones, dolores abdominales, articulares.

© ITES - Paraninfo

A.3

NORMATIVA

A3.1 CONTENIDO

Como es lógico, la práctica totalidad de las cuestiones y aspectos más importantes que se mencionan en los capítulos anteriores, al tiempo de ir detallando la Toma de Datos, tienen su apoyo y origen en normas de distinto rango y variado contenido.

Para evitar la dispersión en dichos capítulos, especialmente en lo que se refiere a los contenidos estrictamente técnicos, se ha optado por reunir en este anexo la mayoría de las normas aplicables o a tener en cuenta.

La relación de normas no pretende ser exhaustiva, aunque se ha intentado que en relación con cada una de las materias tratadas o a las que se haya hecho referencia, el lector pueda encontrar el bloque normativo sustancial y más importante, haciendo posible un sencillo seguimiento de aquellas otras normas que pudieran resultar necesarias en relación con un caso concreto.

Sistemáticamente se ha optado por citar las normas agrupándolas en epígrafes vinculados con las partes más esenciales. A estos efectos, se incluyen las normas relacionadas con el transporte por carretera, el tráfico, la circulación y la seguridad vial y las infraestructuras viarias, adicionando normas jurídico-técnicas y órdenes circulares cuyos contenidos tienen incidencia directa en la materia que nos ocupa.

© ITES - Paraninfo

No obstante, en las normas que se citan no se han incluido las de carácter autonómico, debiendo llamar la atención de quien tenga que enfrentarse bien a la toma de datos, bien a la investigación de un accidente concreto, acerca de la necesidad de comprobar qué normas ha dictado la Comunidad Autónoma en la que ha ocurrido el accidente, ya que las competencias en materia de carreteras y transporte, por ejemplo, son de carácter concurrente o compartido con el Estado. En el mismo sentido, en materia de tráfico y circulación habrán de tenerse presentes las ordenanzas municipales que hayan podido dictarse en el Municipio en virtud de la competencia que le reconoce la Ley estatal, de la misma forma que, en ocasiones, habrá de acudirse a las normas urbanísticas locales y autonómicas.

A3.2 TRANSPORTE PÚBLICO

Además de las normas enumeradas a continuación, como ya se indicó, ténganse en cuenta las disposiciones autonómicas (transportes que no excedan del ámbito de la respectiva autonomía) y las locales (transportes urbanos).

Leyes y Reglamento generales:
LEY ORGÁNICA 5/1987, de 30 de julio, de Delegación de Facultades del Estado en las Comunidades Autónomas en relación con los transportes por carretera y por cable.
LEY 16/1987, de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres.
REAL DECRETO 1211/1990, de 28 de setiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres.

Agencias, transitarios, almacenistas-distribuidores:
ORDEN de 21 de julio de 2000, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de agencias de transporte de mercancías, transitarios y almacenistas-distribuidores.
Arrendamiento de vehículos:
ORDEN de 20 de julio de 1995, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de arrendamiento de vehículos **sin conductor.**
ORDEN de 30 de julio de 1998 por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de arrendamiento de vehículos **con conductor.**

Autorizaciones - Cuestiones generales:
ORDEN de 3 de diciembre de 1992, por la que se determinan las **condiciones esenciales** de las autorizaciones de transporte público de mercancías y de Agencias de transportes, a efectos de lo dispuesto en el artículo 200, en relación con el 198.c) y 201.6 del Reglamento de Ordenación de los Transportes Terrestres.

© *ITES - Paraninfo*

REAL DECRETO 1778/1994, de 5 de agosto, de **adecuación** a la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, de las normas reguladoras de los **procedimientos de otorgamiento**, modificación y extinción de autorizaciones.

RESOLUCIÓN de 9 de febrero de 1996 de la Dirección General del Transporte Terrestre, por la que se establecen **reglas de coordinación** en materia de tramitación de autorizaciones de transporte por carretera y de actividades auxiliares y complementarias del transporte.

ORDEN de 18 de setiembre de 1998, por la que se dictan **normas complementarias** en materia de autorizaciones de transporte por carretera.

ORDEN de 9 de diciembre de 1999, sobre **cambio de matrícula** por motivos de seguridad y sobre autorizaciones de circulación para vehículos con dispositivo retrorreflectantes.

ORDEN de 26 de junio de 2001, por la que se modifica parcialmente el régimen jurídico de las autorizaciones de transporte de mercancías y viajeros por carretera.

Autorizaciones - Mercancías:

ORDEN de 24 de agosto de 1999, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de autorizaciones de transporte de **mercancías** por carretera.

ORDEN de 4 de abril de 2000, por la que se desarrolla el capítulo IV del título IV del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, en materia de otorgamiento de autorizaciones de transporte **internacional** de **mercancías** por carretera.

Autorizaciones - Viajeros:

ORDEN de 4 de febrero de 1993, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de autorizaciones de transporte discrecional de **viajeros** por carretera.

ORDEN de 23 de julio de 1997, por la que se desarrolla el Reglamento de La Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de autorizaciones de transporte discrecional y privado complementario de **viajeros** en autobús.

ORDEN de 6 de mayo de 1999, por la que se desarrolla el capítulo IV del Título IV del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de otorgamiento de autorizaciones de transporte **internacional de viajeros** por carretera.

Ayudas:

ORDEN de 11 de enero de 2001, por la que se establecen las bases reguladoras de la concesión de determinadas ayudas para la formación al sector de transporte público por carretera.

Capacitación profesional:

ORDEN de 28 de mayo de 1999, por la que se desarrolla el capítulo primero del título II del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de expedición de certificados de capacitación profesional.

Comité Nacional del Transporte por Carretera:

ORDEN de 14 de setiembre de 1993, por la que se desarrolla el capítulo V del título II del ROTT, en relación con el Comité Nacional del Transporte por Carretera.

© ITES - Paraninfo

Comunidades de Bienes:
ORDEN de 11 de abril de 1989, por la que se regula el ejercicio de actividades de transporte por carretera por las Comunidades de Bienes.
Condiciones generales de contratación:
ORDEN de 25 de abril de 1997, por la que se establecen las condiciones generales de contratación de los transportes de mercancías por carretera.
Conductores de terceros países:
ORDEN FOM/3399/2003, de 20 de diciembre, por la que se establece un certificado de conductor para la realización de la actividad de transporte por conductores de terceros países.
Control de transportes:
ORDEN FOM/3398/2002, de 20 de diciembre, por la que se establecen normas de control en relación con los transportes públicos de viajeros por carretera.
ORDEN FOM/283/2003, de 31 de enero, por la que se establecen normas de control en relación con los transportes públicos de mercancías por carretera.
Cooperativas y sociedades de comercialización:
ORDEN de 23 de julio de 1997, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres en materia de cooperativas de transportistas y sociedades de comercialización.
RESOLUCIÓN de 31 de julio de 1997, de la Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, mediante la que se establecen las características de la relación informatizada de socios que deberán acompañar las cooperativas de transportistas y sociedades de comercialización a sus solicitudes de inscripción o modificación registral.

Distintivos:
ORDEN de 25 de octubre de 1990, por la que se regulan los distintivos de los vehículos que realizan transporte.
RESOLUCIÓN de 23 de julio de 1991, de la Dirección General de Transportes Terrestres, por la que se aplica la ORDEN de 25 de octubre de 1990, que regula los distintivos de los vehículos que realizan transporte.
RESOLUCIÓN de 6 de marzo de 1997, de la Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, por la que se establecen reglas sobre las dimensiones de los distintivos de los vehículos de hasta 3,5 toneladas de peso máximo autorizado que realicen transporte, en desarrollo de la ORDEN de 25 de octubre de 1990 reguladora de la misma materia.

ENATCAR:
REAL DECRETO-LEY 6/1998, de 5 de junio, por el que se transforma la empresa nacional de transportes de viajeros por carretera (enatcar) en una sociedad anónima.
I.T.V.:
REAL DECRETO 2042/1994, de 14 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos. (Modificado el art. 2.2 hecha por RD 1357/1998, de 26 de junio -BOE del 3 de julio-).

© *ITES - Paraninfo*

REAL DECRETO 957/2002, de 13 de septiembre, por el que se regulan las inspecciones técnicas en carretera de los vehículos industriales que circulan en territorio español.
ORDEN INT/316/2003, de 13 de febrero, sobre inspecciones técnicas en carretera de vehículos industriales.

Juntas Arbitrales:

ORDEN de 30 de marzo de 2001, por la que se establecen normas para la realización por las Juntas Arbitrales del Transporte de funciones de depósito y enajenación de mercancías.

Mercancías peligrosas:

ORDEN de 20 de setiembre de 1985, por la que se establecen normas sobre construcción, aprobación de tipo, ensayos e inspección de cisternas para el transporte de mercancías peligrosas.
ORDEN de 17 de marzo de 1986, sobre normas para la homologación de los envases y embalajes destinados al transporte de mercancías peligrosas.
REAL DECRETO 1256/2003, de 3 de octubre, por el que se determinan las **autoridades competentes** de la Administración General del Estado en materia de transporte de mercancías peligrosas y regula la comisión para la coordinación de dicho transporte.
RESOLUCIÓN de 21 de noviembre de 1996, de la Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, sobre la **inspección y control** por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera.
RESOLUCIÓN de 12 de junio de 1997, de la Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, por la que se autoriza provisionalmente el transporte de decafluorobutano, del sulfato de cobre sólido, del ácido picrámico, de gases de la clase 2 así como de acumuladores nuevos o usados que estén o no deteriorados en las condiciones que se especifican.
ORDEN de 18 de junio de 1998, por la que se regulan los cursos de **formación para conductores** de vehículos que transporten mercancías peligrosas y los centros de formación que podrán impartirlos.
REAL DECRETO 2115/1998, de 2 de octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.
ORDEN de 21 de setiembre de 1999, por la que se aprueban las **fichas de intervención** para la actuación de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera.
REAL DECRETO 1566/1999, de 8 de octubre, sobre los **consejeros de seguridad** para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.
ORDEN de 21 de octubre de 1999, sobre **capacitación profesional de los consejeros de seguridad** para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.
ORDEN de 24 de abril de 2000, por la que se regula el **parte de accidente** para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.

© ITES - Paraninfo

ORDEN de 11 de enero de 2001, por la que se regula el contenido mínimo del **informe anual** para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.
REAL DECRETO 948/2003, de 18 de julio, por el que se establecen las condiciones mínimas que deben reunir las instalaciones de lavado interior o desgasificación y despresurización, así como las de reparación o modificación, de cisternas de mercancías peligrosas.

Mercancías perecederas:
REAL DECRETO 2483/1986, de 14 noviembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria sobre condiciones generales de transporte terrestre de alimentos y productos alimentarios a temperatura regulada.
REAL DECRETO 237/2000, de 18 de febrero, por el que se establecen las especificaciones técnicas que deben cumplir los vehículos especiales para el transporte terrestre de productos alimentarios a temperatura regulada y los procedimientos para el control de conformidad con las especificaciones.
REAL DECRETO 1010/2001, de 14 septiembre, por el que se determinan las autoridades competentes en materia de transporte de mercancías perecederas y constituye y regula la Comisión para la Coordinación de dicho transporte.

Pesos y dimensiones:
REAL DECRETO 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

Seguros:
REAL DECRETO 1575/1989, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del seguro obligatorio de **viajeros**.
REAL DECRETO 7/2001, de 12 enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre la responsabilidad civil y seguro en la circulación de **vehículos** a motor.
RESOLUCIÓN de 27 de febrero de 2001, por la se regula el suministro de información por las entidades aseguradoras de los datos relativos a los vehículos asegurados por ellas al Mº de Economía.
RESOLUCIÓN de 14 de marzo de 2001, por la que se publica la Resolución de 27 de febrero de 2001 de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones y de la Dirección General de Tráfico, sobre la cesión de datos que figuran en los ficheros automatizados del Consorcio de Compensación de Seguros y Dirección General de Tráfico, para hacer efectivo el control de la obligación de asegurarse.

Servicios mínimos:
REAL DECRETO 635/1984, de 26 de marzo, por el que se establecen las garantías de prestación de servicios públicos esenciales, en situaciones de paro en los transportes por carretera.

© *ITES - Paraninfo*

REAL DECRETO 957/2002, de 13 de septiembre, por el que se regulan las inspecciones técnicas en carretera de los vehículos industriales que circulan en territorio español.
ORDEN INT/316/2003, de 13 de febrero, sobre inspecciones técnicas en carretera de vehículos industriales.

Juntas Arbitrales:

ORDEN de 30 de marzo de 2001, por la que se establecen normas para la realización por las Juntas Arbitrales del Transporte de funciones de depósito y enajenación de mercancías.

Mercancías peligrosas:

ORDEN de 20 de setiembre de 1985, por la que se establecen normas sobre construcción, aprobación de tipo, ensayos e inspección de cisternas para el transporte de mercancías peligrosas.
ORDEN de 17 de marzo de 1986, sobre normas para la homologación de los envases y embalajes destinados al transporte de mercancías peligrosas.
REAL DECRETO 1256/2003, de 3 de octubre, por el que se determinan las **autoridades competentes** de la Administración General del Estado en materia de transporte de mercancías peligrosas y regula la comisión para la coordinación de dicho transporte.
RESOLUCIÓN de 21 de noviembre de 1996, de la Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, sobre la **inspección y control** por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera.
RESOLUCIÓN de 12 de junio de 1997, de la Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, por la que se autoriza provisionalmente el transporte de decafluorobutano, del sulfato de cobre sólido, del ácido picrámico, de gases de la clase 2 así como de acumuladores nuevos o usados que estén o no deteriorados en las condiciones que se especifican.
ORDEN de 18 de junio de 1998, por la que se regulan los cursos de **formación para conductores** de vehículos que transporten mercancías peligrosas y los centros de formación que podrán impartirlos.
REAL DECRETO 2115/1998, de 2 de octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.
ORDEN de 21 de setiembre de 1999, por la que se aprueban las **fichas de intervención** para la actuación de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera.
REAL DECRETO 1566/1999, de 8 de octubre, sobre los **consejeros de seguridad** para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.
ORDEN de 21 de octubre de 1999, sobre **capacitación profesional de los consejeros de seguridad** para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.
ORDEN de 24 de abril de 2000, por la que se regula el **parte de accidente** para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable.

© *ITES - Paraninfo*

Tarifas:
ORDEN de 18 de diciembre de 2000, por la que se establecen tarifas de referencia para los servicios de transporte público **discrecional de viajeros en autobús.**
ORDEN FOM/4247/2004, de 16 de diciembre, por la que se revisan las tarifas de los **servicios públicos regulares** interurbanos permanentes de uso general de transporte de **viajeros** por carretera.
ORDEN de 18 de diciembre de 2000, por la que se establecen tarifas de referencia para los servicios de transporte público de **mercancías** por carretera.
ORDEN de 12 de diciembre de 2001, sobre confección de cuadros tarifarios en euros y establecimiento de normas de pago en relación con los servicios públicos regulares permanentes de uso general de transporte de viajeros por carretera.
ORDEN FOM/4339/2004, de 22 de diciembre, sobre régimen tarifario de los servicios interurbanos de transporte público discrecional de **viajeros en vehículos de turismo**.
Transporte automóviles ligeros:
REAL DECRETO 763/1979, de 16 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento Nacional de los Servicios Urbanos e Interurbanos de Transportes en Automóviles Ligeros.
Transporte combinado:
ORDEN de 30 de setiembre de 1993, por la que se establecen normas especiales para determinados transportes combinados de mercancías entre Estados miembros de la CEE.
Transporte de animales:
REAL DECRETO 1041/1997, de 27 de junio, por el que se establecen normas relativas a la protección de animales durante el transporte.
REAL DECRETO 644/2002, de 5 de julio, sobre condiciones básicas que deben cumplir los centros de limpieza y desinfección de los vehículos dedicados al transporte de ganado por carretera.
Transporte escolar y de menores:
REAL DECRETO 443/2001, de 27 de abril, sobre condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores.
Transporte sanitario:
REAL DECRETO 619/1998, de 17 de abril, por el que se establecen las características técnicas, el equipamiento sanitario y la dotación de personal de los vehículos de transporte sanitario por carretera.
ORDEN de 3 de setiembre de 1998, por la que se desarrolla el Reglamento de la Ley de ORDENACIÓN de los Transportes Terrestres en materia de transporte sanitario por carretera.
Visados:
RESOLUCIÓN de 24 de marzo de 1992, por la que se dictan normas para la realización del visado de las autorizaciones de transporte público de mercancías y de agencias de transporte de mercancías.
RESOLUCIÓN de 19 de setiembre de 1995, por la que se dictan normas para la realización del visado de las autorizaciones de transporte y de actividades auxiliares y complementarias.

© ITES - Paraninfo

A3.3 TRÁFICO, CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS A MOTOR Y SEG. VIAL

Las normas que se relacionan seguidamente deben complementarse, dependiendo del caso concreto, con las Ordenanzas Municipales en materia de tráfico y circulación:

LEY 18/1989, de 25 de julio, de Bases sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.

REAL DECRETO-LEGISLATIVO 339/1990, de 2 de marzo, por el que se aprueba el Texto Articulado de la Ley sobe Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.

DECRETO de 25 de setiembre de 1934, por el que se aprueba el Código de la Circulación y sus anexos.

REAL DECRETO 772/1997, de 30 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores.

REAL DECRETO 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

REAL DECRETO 317/2003, de 14 de marzo, por el que se regula la organización y funcionamiento del Consejo Superior de Tráfico.

REAL DECRETO 1295/2003, de 17 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las Escuelas Particulares de Conductores.

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 sobe Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.

Aparcamientos:

LEY 40/2002, de 14 de noviembre, reguladora del contrato de aparcamiento de vehículos.

A3.4 NORMAS PENALES Y PROCESALES

LEY ORGÁNICA 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal.

LEY DE ENJUICIAMIENTO CRIMINAL, promulgada por Real Decreto de 14 de setiembre de 1882.

A3.5 SEGUROS

LEY 50/1980, de 8 de octubre, del contrato de seguro.

LEY 21/1990, de 19 de diciembre, de adaptación del Derecho español a la Directiva comunitaria 88/357/CEE, sobre libertad de servicios de seguros distintos al de vida y actualización de la legislación de seguros privados.

© *ITES - Paraninfo*

REAL DECRETO LEGISLATIVO 6/2004, de 29 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación y supervisión de los seguros privados.
LEY 34/2003, de 4 de noviembre, de modificación y adaptación a la normativa comunitaria de la legislación de seguros privados.
REAL DECRETO LEGISLATIVO 8/2004, de 29 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor.
REAL DECRETO 7/2001, de 12 de enero, que aprueba el Reglamento sobre responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor.
REAL DECRETO LEGISLATIVO 7/2004, de 29 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido del Estatuto Legal del Consorcio de Compensación de Seguros.
REAL DECRETO 299/2004, de 20 de febrero, por el que se modifica el Reglamento sobre responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor.
REAL DECRETO 300/2004, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento del seguro de riesgos extraordinarios.
RESOLUCIÓN de 9 de marzo de 2004, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, por la que se da publicidad a las cuantías de las indemnizaciones por muerte, lesiones permanentes e incapacidad temporal que resultarán de aplicar durante 2004, el sistema para valoración de los daños y perjuicios causados a las personas en accidentes de circulación.

A3.6 INFRAESTRUCTURAS

El conjunto normativo aplicable a vía se completará, cuando proceda, con las normas autonómicas en la materia, y con las dictadas, tanto por la autonomía como por el Municipio, en relación con el urbanismo en la medida en que esta materia afecta al trazado, construcción y mantenimiento de las vías urbanas.

Carreteras
LEY 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras.
REAL DECRETO 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.
ORDEN de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
Instrucción de carreteras del Ministerio de Fomento, compuesta por diversas normas

P.G.3 Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes
ORDEN de 6 de febrero de 1976, por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (P.G.3).

© ITES - Paraninfo

ORDEN de 2 de julio de 1976, por la que se confiere efectos legales al Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (P.G.3)

Modificaciones del P.G.3:

ORDEN de 21 de enero de 1988, por la que se modifican determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (afecta a la parte segunda, capítulos II y IV).

ORDEN de 28 de setiembre de 1989, por la que se modifica el artículo 104 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (esta Orden dispuso, además, "incluir las modificaciones aprobadas en la nueva edición del citado pliego, denominada PG-4/88, a que se refiere la Orden de 21 de enero de 1988").

ORDEN de 27 de diciembre de 1999, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes en lo relativo a conglomerantes hidráulicos y ligantes hidrocarbonatos (se modifican los artículos 202, 211, 213 y 214).

ORDEN de 28 de diciembre de 1999, por la que se actualiza el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes en correlativo a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.

ORDEN FOM/475/2002, de 13 de febrero, por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes relativos a hormigones y aceros.

ORDEN FOM/1382/2002, de 16 de mayo (Corrección de errores BOE 26-11-02), por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones (afecta a los artículos 301, 302, 303, 304, 320, 321, 322, 330, 331, 332, 340, 341, 410, 411, 412, 658, 659, 670, 671, 672 y 673).

Órdenes Circulares:

ORDEN CIRCULAR 295/87 T, de 6 de agosto de 1987, por la que se establecen recomendaciones sobre elementos metálicos para hormigón armado o pretensado.

ORDEN CIRCULAR 325/97 T, de 30 de diciembre de 1997, sobre señalización, balizamiento y defensa de las carreteras en lo referente a sus materiales constituyentes.

ORDEN CIRCULAR 326/00 sobre geotecnia vial en lo referente a materiales para la construcción de explanaciones y drenajes.

ORDEN CIRCULAR 10/2002 Sobre secciones de firme y capas estructurales de firmes.

Entorno

ORDEN de 21 de Marzo de 1963 por la que se aprueba la Instrucción de la Dirección General De Carreteras 7.1-IC sobre plantaciones en las zonas de servidumbre de las carreteras.

Normas UNE:

1 - Dispositivos Reductores de Ruido

© *ITES - Paraninfo*

a) Métodos De Ensayo Para Determinar El Comportamiento Acústico
UNE-EN 1793-1:98 Parte 1: Características intrínsecas relativas a la absorción sonora.
UNE-EN 1793-2:98 Parte 2: Características intrínsecas relativas al aislamiento al ruido aéreo.
UNE-EN 1793-3:98 Parte 3: Espectro normalizado de ruido de tráfico.
b) Comportamiento No Acústico
UNE-EN 1794-1:99 Parte 1: Comportamiento mecánicos y requisitos de estabilidad.
UNE-EN 1794-2:99 Parte 2: Requisitos en relación con la seguridad general y el medio ambiente.

2 - Sistemas Antideslumbrantes
UNE-EN 12676-1:01 Parte 1: Prestaciones y características.
UNE-EN 12676-2:01 Parte 2: Métodos de ensayo.

3 - Reguladores De Trafico
UNE-EN 12675:01 Semáforos. Requisitos Funcionales de Seguridad .
UNE-EN 12368:00 Cabezas de Semáforo.
UNE-EN 12352:00 Dispositivos Luminosos de Advertencia de Peligro y Balizamiento.
UNE-ENV 13563:01 Detectores de Vehículos.
UNE 135401-1:99 Ex Parte 1: Características Funcionales.
UNE 135401-2:99 Ex Parte 2: Métodos De Prueba.

4 - Control Del Estacionamiento De Vehículos
UNE-EN 12414:00 Parquímetros. Requisitos Técnicos y Funcionales.

5 - Otros
UNE-EN 12767:00 Seguridad Pasiva de las Estructuras Soporte del Equipamiento de la Carretera. Requisitos y Métodos de Ensayo.
UNE-EN 50293:01 Compatibilidad Electromagnética.

Trazado
ORDEN de 27 de diciembre de 1999 por la que se aprueba la Norma 3.1-IC. Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
ORDEN de 13 septiembre 2001, de modificación parcial de la Orden de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a las carreteras del estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios, y de la Orden de 27 de diciembre de 1999, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC. Trazado, de la Instrucción de Carreteras.

Túneles
ORDEN de 19 noviembre 1998, por la que se aprueba la instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre (IOS-98).

Puentes
ORDEN de 12 de Febrero de 1998, por la que se aprueba la Instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP).
Otros:

© ITES - Paraninfo

REAL DECRETO 2661/1998, de 11 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02, que sustituye a la NCSE-94).

REAL DECRETO 1829/1995, de 10 de noviembre, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE-EA-95 "Estructuras de acero en edificación".

ORDEN CIRCULAR 11/02 sobre criterios a tener en cuenta en el proyecto y construcción de puentes con elementos prefabricados de hormigón estructural.

Firmes

ORDEN de 21 de Marzo de 1963 por la que se aprueba la Instrucción de la Dirección General de Carreteras 6.1-IC sobre firmes flexibles.

ORDEN FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1-IC "Secciones de Firme", de la Instrucción de carreteras.

ORDEN FOM/3459/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.3-IC: "Rehabilitación de firmes", de la Instrucción de carreteras.

Drenaje

ORDEN de 14 de Mayo de 1990, por la que se aprueba la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial" (a la entrada en vigor de esta Orden se dispuso que las obras en curso siguieran ajustándose a la Instrucción 5.1 – IC , aprobada por Orden de 21 de junio de 1965).

Marcas Viales

ORDEN de 16 de julio de 1987, por la que se aprueba la Norma 8.2-IC "Marcas Viales" de la Instrucción de Carreteras.

UNE 135200 (2) Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Parte 2: materiales. Ensayos de laboratorio.

UNE 135200 (3) Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Parte 3: materiales. Ensayos de durabilidad.

UNE 135274 Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Marcas viales. Determinación de la dosificación.

UNE-EN-1824 Materiales para señalización vial horizontal. Pruebas de campo.

UNE 135277 (1) Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Maquinaria de aplicación. Parte 1: clasificación y características.

UNE 135287 Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Microesferas de vidrio. Granulometría y porcentaje de defectuosas.

UNE-EN 13212:01 Requisitos para el control de producción en fábrica.

UNE-EN-1423 materiales para la señalización vial horizontal. Materiales de postmezclado. Microesferas de vidrio, granulados antideslizantes y mezclas de ambos.

UNE-EN-1424 Materiales para la señalización vial horizontal. Microesferas de vidrio de premezclado.

© ITES - Paraninfo

UNE-EN-1436 Materiales para la señalización vial horizontal. Comportamiento de las marcas viales aplicadas sobre la calzada.
UNE-EN-1790 Materiales para la señalización vial horizontal. Marcas viales prefabricadas.
UNE-EN 12802:00 Métodos de laboratorio para la identificación.
UNE-EN 1871:00 Propiedades físicas.

Control de calidad

UNE-ENV 13459-1:01 Toma de muestras de los acopios y ensayos.
UNE-ENV 13459-2:01 Guía de preparación de planes de calidad para la aplicación de materiales.
UNE-ENV 13459-3:01 Comportamiento en servicio.

Ensayos

UNE 135203-1:98 Ex Resistencia a la abrasión. Método Taber.
UNE 135203-2:98 Ex Parte 2: resistencia a la abrasión. Método de caída de un abrasivo.
UNE 135214:94 Ex Determinación puntual de la relación de contraste de las marcas viales con el pavimento.
UNE 135271:94 Ex Determinación del grado de deterioro.

Pinturas

UNE 135201:97 Ex Determinación de la resistencia al sangrado.
UNE 135212:98 Ex Determinación de la materia fija. Método instrumental.
UNE 135202:94 Ex Determinación del tiempo de secado "no pick-up".
UNE 135213:94 Ex Determinación de la relación de contraste de la película seca.

Termoplásticos de aplicación en caliente

UNE 135221:94 Ex Determinación de la estabilidad al calor.
UNE 135222:94 Ex Determinación del punto de reblandecimiento.
UNE 135223:94 Ex Determinación de la resistencia al flujo.
UNE-EN-1463 (1) Materiales para señalización vial horizontal. Captafaros retrorreflectantes. Parte 1: características iniciales.

Señales y carteles verticales

ORDEN de 28 de Diciembre de 1999, por la que se aprueba la Norma 8.1-IC, señalización vertical, de la Instrucción de Carreteras.
UNE 66 020 Inspección y recepción por atributos. Procedimientos y tablas.
UNE 135310 Señales metálicas de circulación. Placas galvanizadas y estampadas de chapa de acero galvanizada. Características y métodos de ensayo de la chapa.
UNE 135311 Señalización vertical. Elementos de sustentación y anclaje. Hipótesis de calculo.
UNE 135312 Señalización vertical. Anclajes para placas y lamas utilizadas en señales, carteles y paneles direccionales metálicos. Características y métodos de ensayo.
UNE 135313 Señalización vertical. Placas de chapa de acero galvanizada. Características y métodos de ensayo.

© ITES - Paraninfo

UNE 135314 Señalización vertical. Tornillería y perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles laterales y paneles direccionales. Características y métodos de ensayo.
UNE 135315 Señalización vertical. Perfiles y chapas de acero. Tornillería y anclajes empleados para pórticos y banderolas.
UNE 135316 Señalización vertical. Perfiles y chapas de aleación de aluminio. Tornillería y anclajes empleados para pórticos y banderolas.
UNE 135320 Señales metálicas de circulación. Lama de chapa de acero galvanizada. Tipo a. Características y métodos de ensayo.
UNE 135321 Señales metálicas de circulación. Lamas de perfil de aluminio obtenido por extrusión. Fabricación. Características y métodos de ensayo.
UNE 135322 Señales metálicas de circulación. Lamas de chapa en acero galvanizada. Tipo b. Características y métodos de.ensayo.
UNE 135330 Señalización vertical. Señales metálicas permanentes retrorreflectantes mediante laminas con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo.
UNE 135332 Señalización vertical. Placas y lamas utilizadas en la señalización vertical permanente de las señales, carteles y paneles direccionales metálicos. Materiales. Características y métodos de ensayo.
UNE 135334 Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo.
UNE 135352 Señalización vertical y balizamiento. Control de calidad "in situ" de elementos de servicio. Características y métodos de ensayo.
ORDEN CIRCULAR Número 309/90, sobre hitos de arista.

Señalización de obra
ORDEN de 31 de agosto de 1987, por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC, sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado.
ORDEN CIRCULAR 301/89, Sobre señalización de obras.
ORDEN CIRCULAR 15/2003, sobre señalización de los tramos afectados por la puesta en servicio de las obras. Remates de obras.
ORDEN CIRCULAR 16/2003, sobre intensificación y ubicación de carteles de obra.

Sistemas de contención de vehículos (PG3)
ORDEN CIRCULAR 321/95 TyP. Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos y catálogo de sistemas de contención.
UNE 37507 Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación.
UNE 80301 Cementos, cementos comunes, composición. Especificaciones y criterios de conformidad.
UNE 80303 Cementos resistentes a los sulfatos y/o agua de mar.
UNE 80306 Cementos de bajo calor de hidratación.

© ITES - Paraninfo

UNE 135111 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras de hormigón. Definiciones, clasificación, dimensiones y tolerancias.
UNE 135112 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras de hormigón. Materiales básicos y control de ejecución.
UNE 135121 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras metálicas. Valla de perfil de doble onda. Materiales, dimensiones, formas de fabricación y ensayos.
UNE 135122 Sistemas viales de contención de vehículos. Barreras metálicas. Elementos accesorios de las barreras metálicas. Materiales, dimensiones, formas de fabricación y ensayos.
UNE-EN-1179 Cinc y aleaciones de cinc. Cinc primario.
UNE-EN-1317 Sistemas viales de contención de vehículos.
UNE-EN-10025 Productos laminados en caliente, de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.
UNE-EN ISO 1461 Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.

A3.7 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Además de las normas, tanto técnicas, jurídicas, como jurídico-técnicas, se relacionan a continuación otras posibles fuentes de información de indudable utilidad para un mejor conocimiento de la materia a la que se refieren.

Manual para el control y diseño de voladuras en obras de carreteras. Dirección General de Carreteras. Ministerio De Fomento (1998).
Manual de Ejemplos de Señalización de Obras Fijas. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento (1997).
Señalización Móvil de Obras. Dirección General De Carreteras. Ministerio De Fomento (1997).
Guía para el Diseño y la Ejecución de anclajes al Terreno en Obras de Carreteras. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (2001)
Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (2003)
Guía para la Concepción de Puentes Integrales en Carreteras. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (2000)
Recomendaciones para el proyecto de Puentes Metálicos para Carreteras (RPM-95). Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (1996)
Recomendaciones para el Proyecto de Puentes Mixtos para Carreteras (RPX-95). Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (1996)
Manual de Aplicación de las Recomendaciones RPM-RPX/95. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento (2000)

© ITES - Paraninfo

Recomendaciones para el Proyecto y Puesta en Obra de los Apoyos Elastoméricos para Puentes de Carretera. Dirección General de Carreteras. M.O.P.U. (1982)
Recomendaciones para el Diseño y Construcción de Muros de Escollera en Obras de Carretera. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (1997)
Recomendaciones para la Realización de Pruebas de Carga de Recepción en Puentes de Carretera. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (1999)
Nota Técnica sobre aparatos de Apoyo para Puentes de Carretera. Dirección General de Carreteras. M.O.P.T.M.A. (1995)
Control de Ejecución de Puentes de Hormigón. Nota Técnica para el desarrollo de los artículos 95 a 99 de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (2003)
Nota de Servicio 1/95. S.G.C. Bases de Cálculo y Diseño de Pretiles en Puentes de Carreteras (Dirección General de Carreteras. M.O.P.T.M.A.)
Pretensado Exterior en Puentes de Carretera. Recomendaciones para la Verificación de la Seguridad frente a la Rotura por Flexión. Dirección General de Carreteras. (1996)
Coeficientes de Impacto en Puentes de Carretera. Ensayo Dinámico Normalizado para su determinación. Dirección General de Carreteras. M.O.P.U. (Diciembre 1988)
Control de la erosión fluvial en Puentes. Dirección General de Carreteras. M.O.P.U. (Septiembre 1988)
Tipología de Muros de Carreteras. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (1997)
Inspecciones Principales de Puentes de Carretera. Dirección General de Carreteras. M.O.P.T.
Durabilidad del Hormigón: Estudio sobre medida y control de su permeabilidad. Dirección General de Carreteras. M.O.P.T. (1989)
Obras de Paso de Nueva Construcción. Conceptos Generales. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (2000)
Protección contra Desprendimientos de Rocas. Pantallas Dinámicas. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento. (1996)
Catálogo de deterioros en firmes. Dirección General de Carreteras. M.O.P.U. (1989)
Manual de control de fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas. Dirección General de Carreteras. M.O.P.U. (1978)
Programa para regulación de pavimentos bituminosos. Dirección General de Carreteras. M.O.P.T. (1990)
Mezclas Bituminosas Porosas. Dirección General de Carreteras. M.O.P.U. (1987)
Proyecto y construcción de pavimentos portuarios. Rom 4.1-94
Manual de pavimentos de hormigón. Vías de baja intensidad de trafico. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones - IECA (1997)
Comportamiento de firmes a largo plazo. Cost 324 (Ministerio de Fomento (1998))
Nuevos métodos y equipos de auscultación de carreteras. Cost 325. Ministerio de Fomento (1998)
Lechadas bituminosas (CEDEX)

© ITES - Paraninfo

Manual de firmes con capas tratadas con cemento. CEDEX / Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) (2003)
Mezclas bituminosas modificadas por adición de polvo de neumáticos (CEDEX, 2001)
Desarrollo práctico de los sistemas de gestión de firmes (CEDEX, 2003)

A3.8 VEHÍCULOS Y ELEMENTOS

Se recoge en este apartado la normativa que se aplica a la homologación de los vehículos y a la de sus componentes. Son de obligado cumplimiento los Reglamentos anejos al acuerdo de Ginebra de 20.3.58, las Directivas, los Reales Decretos y las Órdenes Ministeriales. También se recoge la normativa UNE aplicable a los vehículos de carretera que, aunque no es de obligado cumplimiento, es interesante para completar los conocimientos en cuanto a componentes, ensayos, etc. Entre las Directivas que se detallan, una parte importante están obsoletas y sustituidas en su parte técnica por otras (con un número de referencia distinto), aunque se mantiene su número por ser el utilizado como referencia. Además, gran parte de las Directivas reproducen los Anexos Técnicos de los Reglamentos de Ginebra equivalentes, agrupando las sucesivas enmiendas. No siempre se trata de una copia exacta de los Anexos del Reglamento, pero cuando hay diferencias están expresamente indicadas.

La lectura de la normativa es aconsejable para toda personada dedicada a la toma de datos o a la investigación de accidentes de tráfico. Incluyen no solamente las prescripciones que deben cumplir los vehículos y sus componentes, además describen elementos, partes, ensayos, etc. de elementos del vehículo que pueden influir de forma significativa en un accidente de tráfico, como el sistema de dirección, el de frenos, los elementos de seguridad pasiva, los neumáticos, etc.

Las Directivas se pueden encontrar en la dirección de Internet: http://www.europa.eu.int/eur-lex/es/oj/index.html, por su fecha de publicación, o en http://www.europa.eu.int/eur-lex/es/search/search_lif.html, introduciendo el año y el número identificativo. Los Reglamentos pueden obtenerse en la dirección http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs.html, buscando por su número. Los Reglamentos que se recogen a continuación tienen la referencia común E/ECE/324, E/ECE/TRANS/505 / REV 2.

Homologación, identificación y aspectos generales

DIRECTIVA 70/156/CEE (6 de febrero de 1970). Homologación de vehículos a motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 76/114/CEE (18 de diciembre de 1975). Placas e inscripciones reglamentarias, así como a su emplazamiento y modo de colocación (VIN).

© ITES - Paraninfo

REAL DECRETO 2028/86. Aplicación de las Directivas de la U.E. sobre vehículos automóviles y tractores agrícolas.
REAL DECRETO 2140/85. Homologación de tipo de vehículos.
REAL DECRETO 2406/85. Homologación de Tipo de Bicicletas.
REAL DECRETO 237/2000 Especificaciones técnicas de vehículos especiales para el transporte terrestre de productos alimentarios a temperatura regulada y los procedimientos para el control de conformidad con las especificaciones.
REAL DECRETO 380/2001 Mod del RD 237 sobre Especificaciones técnicas de vehículos A.T.P.
ORDEN (28 de noviembre de 1988) (MH). Homologación de turismos comerciales (a efectos fiscales)
UNE 26223:1970. Clasificación y definiciones de los vehículos.
UNE 26312:1995. Código de identificación mundial de fabricantes (wmi).
UNE 26313-1:1995. Numero de identificación de los vehículos. Parte 1: contenido y estructura.
UNE 26313-2:1995. Número de identificación del vehículo. Parte 2: situación y colocación.
UNE 26314:1983. Vehículos automóviles. Placa de fabricante.
UNE 26324:1983. Motocicletas. Placa de fabricante.
UNE 26405:1990. Sistema de referencia tridimensional y puntos de referencia.
UNE 26500:2003. Código de identificación mundial de fabricantes de componentes (wpmi).
UNE 26501:2003. Instrucciones para la implantación de la asignación de los códigos de identificación mundial de fabricantes (wmi), los números de identificación del vehículo (vin) y los códigos de identificación mundial de fabricantes de componentes (wpmi).

Masas y dimensiones

DIRECTIVA 92/21/CEE (31 de marzo de 1992). Masas y dimensiones de los vehículos de motor de la categoría M1.
DIRECTIVA 97/27/CE (22 de julio de 1997). Masas y dimensiones de determinadas categorías de vehículos de motor y de sus remolques (modifica la Directiva 70/156/CEE).
DIRECTIVA 96/53/CE (25 de julio de 1996). Establece, para determinados vehículos de carretera que circulan en la Comunidad, las dimensiones máximas autorizadas en el tráfico nacional e internacional y los pesos máximos autorizados tráfico internacional.
ORDEN de 14 de marzo de 1988. Dimensiones de los vehículos de transporte de temperatura dirigida.
UNE 26086:1992. Pesos de los vehículos. Terminología y definiciones.
UNE 26192:1987. Dimensiones de los automóviles y vehículos remolcados.
UNE 26220:1985. Automóviles de turismo. Reparto de las cargas.
UNE 26354:1981. Distancia al suelo de los vehículos a motor.
UNE 26401:1989. Código de dimensiones para automóviles de turismo.
UNE 26410:1992. Dimensiones de los ciclomotores y de las motocicletas de dos ruedas.
UNE 26411:1991. Masas de los ciclomotores y de las motocicletas de dos ruedas.

© *ITES - Paraninfo*

UNE 26474:1998. Caravanas y remolques ligeros. Carga estática sobre las bolas de enganche.
UNE 26480:1998. Vehículos de carretera de dos ejes. Determinación del centro de gravedad.

Normas de aplicación a los sistemas de frenado

REGLAMENTO nº13. Frenado.
REGLAMENTO nº78. Frenado de Motocicletas.
REGLAMENTO nº 90. Forros de freno de recambio.
DIRECTIVA 71/320/CEE (26 de julio de 1971). Dispositivos de frenado de determinadas categorías de vehículos a motor y de sus remolques
ORDEN de 26 de diciembre de 1980 o 22 de marzo de 1982. Normas para los líquidos de freno de los vehículos.
ORDEN de 11 de junio de 1984. Reglamento de Homologación de Tractores Agrícolas respecto al frenado.
UNE 26176:1985. Uniones de frenado neumático entre vehículo tractor y remolque o semirremolque. Intercambiabilidad.
UNE 26177:1985. Sistemas de frenado neumático. Tuberías, alojamientos y racores macho.
UNE 26177-1:2002. Sistemas de frenado neumático. Parte 1: tuberías, racores macho y alojamientos con superficie de sellado plana.
UNE 26177-2:2003. Sistemas de frenado neumático. Parte 2: tuberías, alojamientos y racores macho con superficie de sellado cónicas.
UNE 26180-1:1990. Conjunto de tubos flexibles para conexiones de frenos neumáticos entre vehículo tractor remolque o semirremolque, parte 1: dimensiones.
UNE 26180-2:2000. Tubos flexibles en espiral para conexiones de frenos neumáticos entre vehículo tractor y remolque o semirremolque. Parte 2: requisitos de comportamiento.

Ruedas. Llantas y Neumáticos

REGLAMENTO nº 30. Neumáticos.
REGLAMENTO nº 54. Neumáticos para vehículos industriales.
REGLAMENTO nº 64. Vehículos con ruedas y neumáticos de emergencia de uso temporal.
REGLAMENTO nº 75. Neumáticos de Motocicletas.
REGLAMENTO nº 88. Neumáticos reflectantes para vehículos de dos ruedas.
REGLAMENTO nº 106. Neumáticos para Tractores Agrícolas.
REGLAMENTO nº 108. Neumáticos recauchutados para vehículos de turismo.
REGLAMENTO nº 109. Neumáticos recauchutados para vehículos comerciales.
DIRECTIVA 92/23/CEE (31 de marzo de 1992). Neumáticos de los vehículos de motor y de sus remolques así como su montaje.
DIRECTIVA 89/459/CEE (18 de julio de 1989). Profundidad de las ranuras de los neumáticos de algunos tipos de vehículos de motor y de sus remolques.

© ITES - Paraninfo

DIRECTIVA 86/217/CEE (26 de mayo de 1986). Manómetros para neumáticos de los vehículos automóviles.

Sistemas de dirección y comportamiento en curva

REGLAMENTO nº 79. Equipo de Dirección.
DIRECTIVA 70/311/CEE (8 de junio de 1970). Mecanismos de dirección de los vehículos a motor y de sus remolques.
UNE 26514-1:2003. Turismos. Pista de pruebas para un cambio brusco de carril. Parte 1: doble cambio de carril.
UNE 26514-2:2003. Turismos. Pista de pruebas para un cambio brusco de carril. Parte 2: maniobra evasiva.
UNE 26515-1:2003. Procedimientos de ensayo para la dinámica de los vehículos. Parte 1: condiciones generales para vehículos automóviles.
UNE 26273:1985. Esfuerzo sobre el órgano de dirección (volante).
UNE 26353:1982. Inscripción en curva. Definiciones y procedimiento de ensayo.

Sistemas de alumbrado y señalización

REGLAMENTO nº 1. Proyectores que emiten un haz de cruce asimétrico, o un haz de carretera o ambos.
REGLAMENTO nº 2. Lámparas eléctricas de incandescencia para los proyectores que contempla el Reglamento 1.
REGLAMENTO nº 3. Dispositivos catadióptricos.
REGLAMENTO nº 4. Dispositivos de iluminación de la placa trasera de matrícula.
REGLAMENTO nº 5. Proyectores sellados
REGLAMENTO nº 6. Indicadores de dirección
REGLAMENTO nº 7. Luces de posición y luces de pare
REGLAMENTO nº 8. Proyectores con lámparas halógenas H1, H2 y H3.
REGLAMENTO nº 19 Proyectores antiniebla
REGLAMENTO nº 20 Proyectores que emiten un haz de cruce asimétrico y/o haz de carretera, equipados de lámpara halógena H4, y homologación de estas lámparas.
REGLAMENTO nº 23. Luces de marcha atrás.
REGLAMENTO nº 31. Proyectores sellados con lámparas H4 que emiten haz de cruce asimétrico y/o luz de carretera.
REGLAMENTO nº 45. Dispositivos de limpieza de proyectores (Limpiaproyectores).
REGLAMENTO nº 48. Instalación de luces de alumbrado y señalización.
REGLAMENTO nº 50. Luces de motos excepto proyectores.
REGLAMENTO nº 53. Instalación de luces de alumbrado y señalización en motos.
REGLAMENTO nº 56. Proyectores para ciclomotores.
REGLAMENTO nº 57. Lámparas para motos.
REGLAMENTO nº 60. Mandos, indicadores y testigos de motocicletas y ciclomotores.
REGLAMENTO nº 65. Alumbrado especial de alarma.
REGLAMENTO nº 72. Proyectores para motocicletas con lámparas halógenas.
REGLAMENTO nº 74. Dispositivos de Alumbrado y Señalización de los Ciclomotores.

© *ITES - Paraninfo*

REGLAMENTO nº 76. Proyectores de Ciclomotores.
REGLAMENTO nº 77. Luces de estacionamiento.
REGLAMENTO nº 82. Proyectores para ciclomotores con lámparas halógenas (HS 2).
REGLAMENTO nº 86. Dispositivos de Alumbrado y señalización luminosa de Tractores Agrícolas.
REGLAMENTO nº 87. Luces de circulación diurna.
REGLAMENTO nº 91. Luces de posición laterales.
REGLAMENTO nº 98. Proyectores con lámparas de descarga.
REGLAMENTO nº 99. Lámparas de descarga para proyectores de vehículos.
REGLAMENTO nº 104. Marcado retro reflectante para vehículos pesados.
REGLAMENTO nº 112. Proyectores para vehículos con haz de cruce asimétrico, lámpara de incandescencia.
REGLAMENTO nº 113. Proyectores para vehículos con haz de cruce simétrico, lámpara de incandescencia.
DIRECTIVA 76/756/CEE (27 de julio de 1976). Instalación de los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa de los vehículos a motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 76/757/CEE (27 de julio de 1976). Catadióptricos de los vehículos a motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 76/758/CEE (27 de julio de 1976). Luces de gálibo, las luces de posición, delanteras y traseras, y las luces de frenado de los vehículos a motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 76/759/CEE (27 de julio de 1976). Indicadores de dirección.
DIRECTIVA 76/760/CEE (27 de julio de 1976). Dispositivos de alumbrado de la placa posterior de matrícula de los vehículos a motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 76/761/CEE (27 de julio de 1976). Proyectores que cumplan la función de luces de carretera y/o de cruce y las lámparas de incandescencia para dichos proyectores.
DIRECTIVA 76/762/CEE (27 de julio de 1976). Faros antiniebla delanteros de los vehículos a motor y las lámparas para dichos faros.
DIRECTIVA 77/538/CEE (28 de junio de 1977). Luces antiniebla traseras.
DIRECTIVA 77/539/CEE (28 de junio de 1977). Proyectores de marcha atrás.
DIRECTIVA 77/540/CEE (28 de junio de 1977). Luces de estacionamiento.
DIRECTIVA 78/316/CEE (21 de diciembre de 1977). Acondicionamiento interior de los vehículos a motor (identificación de los mandos, luces-testigo e indicadores).
ORDEN de 27 de enero de 1982 (MIE). Reglamento de homologación de placas de señalización para vehículos de más de 12 metros.
UNE 26139-1:1985. Símbolos de los mandos. Indicadores y testigos.
UNE 26139-2:1985. Emplazamiento de los mandos normales, indicadores y testigos.
UNE 26292:1984. Prescripciones uniformes relativas a los faros para motocicletas.
UNE 26293:1984. Prescripciones uniformes relativas a los faros para ciclomotores.
UNE 26404:1990. Dispositivos de iluminación y de señalización luminosa. Vocabulario.
UNE 26481:1998. Equipo para medir la orientación de los haces luminosos emitidos por los faros. UNE 26481:2002 ERRATUM.

© ITES - Paraninfo

Sistemas de seguridad pasiva (estructura e interiores)

REGLAMENTO nº 11. Resistencia de cerraduras y bisagras
REGLAMENTO N.12. Protección del conductor contra el dispositivo de conducción en caso de choque
REGLAMENTO N.14. Anclajes de cinturones de seguridad.
REGLAMENTO N.16. Cinturones de seguridad
REGLAMENTO N.17. Resistencia de los asientos y sus anclajes
REGLAMENTO N.21. Acondicionamiento interior
REGLAMENTO N.22. Cascos de protección para conductores y pasajeros de motocicletas.
REGLAMENTO nº 25. Apoyacabezas.
REGLAMENTO nº 26. Salientes exteriores.
REGLAMENTO nº 29. Protección de los ocupantes de cabinas de vehículos industriales.
REGLAMENTO nº 32. Comportamiento de la estructura en colisión trasera.
REGLAMENTO nº 33. Comportamiento de la estructura en colisión frontal.
REGLAMENTO nº 34. Prevención de riesgos de incendio.
REGLAMENTO nº 36. Autobuses y autocares.
REGLAMENTO nº 42. Dispositivos de protección (Parachoques).
REGLAMENTO nº 43. Vidrios de seguridad.
REGLAMENTO nº 44. Dispositivos de retención para niños.
REGLAMENTO nº 58. Dispositivos antiempotramiento.
REGLAMENTO nº 61. Salientes exteriores de los vehículos industriales.
REGLAMENTO nº 66. Resistencia superestructura de vehículos de gran capacidad.
REGLAMENTO nº 80. Resistencia de los asientos de vehículos de transporte de viajeros.
REGLAMENTO nº 93. Dispositivos contra el empotramiento en la parte delantera.
REGLAMENTO nº 94. Colisión Frontal.
REGLAMENTO nº 95. Colisión Lateral.
REGLAMENTO nº 114. Módulos airbag para reemplazamiento del sistema.
DIRECTIVA 70/221/CEE (20 de marzo de 1970). Depósitos de carburante líquido y los dispositivos de protección trasera de los vehículos a motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 70/387/CEE (27 de julio de 1970). Puertas.
DIRECTIVA 74/60/CEE (17 de diciembre de 1973). Acondicionamiento interior de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 74/297/CEE (4 de junio de 1974). Acondicionamiento interior de los vehículos a motor (comportamiento del dispositivo de conducción en caso de colisión).
DIRECTIVA 74/408/CEE (22 de julio de 1974). Acondicionamiento interior de los vehículos a motor (resistencia de los asientos y de su anclaje).
DIRECTIVA 74/483/CEE (17 de septiembre de 1974). Salientes exteriores.
DIRECTIVA 76/115/CEE (18 de diciembre de 1975). Anclajes de los cinturones de seguridad.
DIRECTIVA 77/541/CEE (28 de junio de 1977). Cinturones de seguridad y los sistemas de retención.

© *ITES - Paraninfo*

DIRECTIVA 78/932/CEE (16 de octubre de 1978). Reposacabezas de los asientos.
DIRECTIVA 89/297/CEE (13 de abril de 1989). Protección lateral de determinados vehículos de motor y sus remolques.
DIRECTIVA 92/22/CEE (31 de marzo de 1992). Cristales de seguridad y a los materiales para acristalamiento de los vehículos de motor y sus remolques.
DIRECTIVA 92/114/CEE (17 de diciembre de 1992). Salientes exteriores situados por delante del panel trasero de la cabina de los vehículos de motor de la categoría N.
DIRECTIVA 95/28/CE (24 de octubre de 1995). Comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de determinadas categorías de vehículos a motor.
DIRECTIVA 96/27/CE (20 de mayo de 1996). Protección de los ocupantes de los vehículos de motor en caso de colisión lateral (modifica la Directiva 70/156/CEE).
DIRECTIVA 96/79/CE (16 de diciembre de 1996). Protección de los ocupantes de los vehículos de motor en caso de colisión frontal (modifica la Directiva 70/156/CEE).
DIRECTIVA 2000/40/CE (26 de junio de 2000). Protección delantera contra el empotramiento de los vehículos de motor (modifica la Directiva 70/156/CEE).
DIRECTIVA 2003/102/CE (17 de noviembre de 2003). Protección de los peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública antes y en caso de colisión con un vehículo de motor y por la que se modifica la DIRECTIVA 70/156/CEE.
DIRECTIVA 2004/90/CE (23 de diciembre de 2003). Prescripciones técnicas para la aplicación del artículo 3 de la DIRECTIVA 2003/102/CE por la que se modifica la DIRECTIVA 70/156/CEE.
ORDEN de 25 de mayo de 1982 o 25 de marzo de 1983. (MIE). Homologación de los dispositivos antiempotramiento.
UNE 26205-1:1983. Vidrios de seguridad. Vocabulario.
UNE 26206:1983. Vidrios de seguridad. Ensayo de las características mecánicas.
UNE 26207:1983. Vidrios de seguridad. Métodos de ensayo de las propiedades ópticas.
UNE 26208:1983. Vidrios de seguridad. Métodos de ensayo de resistencia a la irradiación, temperatura, humedad y combustión.
UNE 26234:1983. Determinación de las características de combustión de los materiales del interior de los automóviles.
UNE 26244:1983. Protección exterior de automóviles de turismo.
UNE 26246:1983. Ensayo de colisión posterior mediante barrera móvil.
UNE 26247:1983. Medida de la velocidad de impacto en los ensayos de colisión.
UNE 26248:1983. Evaluación de salientes interiores en los automóviles de turismo.
UNE 26301:1986. Dispositivo de protección lateral para vehículos industriales.
UNE 26318:1983. Método de ensayo de colisión mediante barrera frontal fija.
UNE 26359:1983. Dispositivo de protección posterior de los vehículos industriales contra el empotramiento de otros vehículos.
UNE 26403:1990. Colisiones. Terminología.
UNE 26428:1991. Ciclomotores. Cascos de protección para usuarios.
UNE 26489-2:1999. Componentes de los airbag. Parte 2: ensayos módulos de airbag.

© *ITES - Paraninfo*

UNE 26491:2001. Métodos de ensayo para la evaluación de las interacciones de los sistemas de retención para niños y los airbags en el despliegue.
UNE 26499:2003. Vidrios de seguridad. Ensayos mecánicos.
UNE 26502:2002. Sistemas de retención para niños. Modelo de cuestionario para accidentes en vehículos con niños.
UNE 26504:2002. Métodos de ensayo para la evaluación de las interacciones de un ocupante en posición anormal en un vehículo y los airbags en el despliegue.

Ruido y Emisiones contaminantes

REGLAMENTO nº 9. Ruido (vehículos de tres ruedas).
REGLAMENTO nº 15. Emisiones de motores de gasolina.
REGLAMENTO nº 24. Emisiones de motores diesel.
REGLAMENTO nº 28. Avisadores acústicos.
REGLAMENTO nº 40. Emisiones gaseosas de motocicletas.
REGLAMENTO nº 4l. Ruido de motocicletas.
REGLAMENTO nº 47. Emisiones gases contaminantes ciclomotores.
REGLAMENTO nº 49. Emisiones motores diesel.
REGLAMENTO nº 51. Ruido vehículos de cuatro o más ruedas.
REGLAMENTO nº 59. Silenciosos de repuesto.
REGLAMENTO nº 63. Ruido de los ciclomotores.
REGLAMENTO nº 83. Emisiones gaseosas del motor según los requisitos de carburante.
REGLAMENTO nº 92. Silenciosos de repuesto para motos.
REGLAMENTO nº 96. Emisiones de los Motores de los Vehículos Agrícolas.
REGLAMENTO nº 101. Emisiones de CO_2 y consumo de combustible.
REGLAMENTO nº 103. Convertidores catalíticos de repuesto.
DIRECTIVA 70/157/CEE (6 de febrero de 1970). Nivel sonoro admisible y el dispositivo de escape de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 70/220/CEE (20 de marzo de 1970). Medidas que deben adoptarse contra la contaminación del aire causada por los gases procedentes de los motores de explosión.
DIRECTIVA 70/388/CEE (27 de julio de 1970). Aparatos productores de señales acústicas de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 72/306/CEE (2 de agosto de 1972). Medidas que deben adoptarse contra las emisiones de contaminantes procedentes de los motores diesel.
DIRECTIVA 88/77/CEE (3 de diciembre de 1987). Medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores diesel.
ORDEN de 15 de abril de 1998 (MF). Control de instrumentos de medida de gases de escape.
ORDEN de 18 de marzo de 1999. Control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir la opacidad y determinar el coeficiente de absorción luminosa de los gases de escape de motores de encendido por compresión (diesel).
UNE 26159-1:1989. Avisadores acústicos. Parte 1: especificaciones técnicas.
UNE 26159-2:1989. Avisadores acústicos. Ensayos de señalización acústica en los vehículos automóviles.

© *ITES - Paraninfo*

UNE-EN ISO 8178-2:1997. Medición de las emisiones de los gases de escape. Parte 2: medición de las emisiones de gases y de partículas in situ.
UNE-EN ISO 8178-4:1997. Medición de las emisiones de los gases de escape. Parte 4: ciclos de ensayo para las diferentes aplicaciones de los motores.
UNE-EN ISO 8178-6:2001. Medición de las emisiones de gases de escape. Parte 6: informe del resultado de las mediciones y del ensayo.

Campo de visión

REGLAMENTO nº 46. Montaje de retrovisores.
REGLAMENTO nº 71. Campo de visión de Tractores Agrícolas.
REGLAMENTO nº 81. Retrovisores de Vehículos de dos ruedas.
DIRECTIVA 71/127/CEE (1 de marzo de 1971). Retrovisores de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 77/649/CEE (27 de septiembre de 1977). Campo de visión del conductor de los vehículos a motor.

Tracción

REGLAMENTO nº 39. Dispositivo indicador de velocidad.
REGLAMENTO nº 67. Equipos para vehículos que utilizan GLP.
REGLAMENTO nº 68. Medida de la velocidad máxima.
REGLAMENTO nº 84. Medida del consumo de combustible.
REGLAMENTO nº 85. Medida de la potencia neta de los motores de los vehículos de las categorías M y N.
REGLAMENTO nº 89. Limitadores de velocidad y su instalación.
REGLAMENTO nº 110. Homologación de: I Dispositivos para la alimentación del motor con Gas natural comprimido (GNC); II Vehículos con dispositivos homologados para usar GNC.
REGLAMENTO nº 115. Instalación de sistemas de GLP o GNC.
DIRECTIVA 80/1268/CEE (16 de diciembre de 1980). Consumo de carburante de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 80/1269/CEE (16 de diciembre de 1980). Potencia de los motores de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 92/6/CEE (10 de febrero de 1992). Instalación y utilización de dispositivos de limitación de velocidad en determinadas categorías de vehículos de motor.
DIRECTIVA 92/24/CEE (31 de marzo de 1992). Dispositivos de limitación de velocidad o sistemas similares incorporados a determinadas categorías de vehículos de motor.
REGLAMENTO (CEE) nº 3821/85, 3314/90, 3572/90, 3688/92, 2479/95, 1056/97, 2135/98 y 1360/2002. Homologación e instalación de tacógrafo.
REAL DECRETO 2242/96. Obligatoriedad de uso del Tacógrafo.
ORDEN de (MIE). Montaje y comprobación de Tacógrafos.
ORDEN de 18 de noviembre de 1981 (MIE). Reglamento de Homologación de tipo de Tacógrafos.
ORDEN de 14 de octubre de 1982 (MIE). Normas de Control e Inspección de Tacógrafos.

© ITES - Paraninfo

ORDEN de 11 de julio de 1983 (MIE). Normas sobre precintos y placa de montaje de Tacógrafos.
REAL DECRETO 2484/94. Utilización, instalación y comprobación de los dispositivos de limitación de velocidad.
REAL DECRETO 1700/2003. Especificaciones de los combustibles.
UNE 10059:1984. Determinación de la potencia del motor.
UNE 10078:1989. Precintado de las bombas de inyección de los motores diesel.
UNE 10082:1977. Medida de emisiones de CO en régimen de ralentí.
UNE 26352/1C:1983. Velocidad máxima de los vehículos.
UNE 26352:1981. Velocidad máxima de los vehículos.
UNE 26355:1981. Tiempo mínimo empleado partiendo de cero en recorrer 1 km y en alcanzar la velocidad máxima.
UNE 26356:1988. Prueba de aceleración en vehículos automóviles sobre terreno llano.
UNE 26357:1981. Confirmación de la posibilidad de marcha en pendiente.
UNE 26358:1988. Prueba de arrancabilidad en pendiente.
UNE 26435:1993. Ciclomotores. Método de medida de la velocidad máxima.
UNE 26436:1993. Motocicletas. Método de medida de la velocidad máxima.

Otros

REGLAMENTO nº 10. Compatibilidad Electromagnética.
REGLAMENTO nº 18. Protección contra una utilización no autorizada.
REGLAMENTO nº 27. Triángulos de preseñalización.
REGLAMENTO nº 35. Disposición de pedales de mando.
REGLAMENTO nº 52. Autobuses de pequeña capacidad.
REGLAMENTO nº 55. Piezas de enganche de los conjuntos de vehículos.
REGLAMENTO nº 62. Antirrobo de vehículos de dos ruedas.
REGLAMENTO nº 69. Placas traseras para vehículos lentos.
REGLAMENTO nº 70. Placas traseras para vehículos pesados y largos.
REGLAMENTO nº 73. Proyección lateral.
REGLAMENTO nº 97. Sistemas de Alarma de los vehículos (VAS).
REGLAMENTO nº 100. Vehículos eléctricos de batería, construcción y seguridad.
REGLAMENTO nº 102. Dispositivo de enganche corto (DAC) y su instalación.
REGLAMENTO nº 105. Vehículos para el transporte de Mercancías Peligrosas.
REGLAMENTO nº 107. Vehículos de Dos Pisos para el Transporte de Personas.
REGLAMENTO nº 111. Vehículos cisterna N y O respecto a su estabilidad.
DIRECTIVA 70/222/CEE (20 de marzo de 1970). Emplazamiento e instalación de las placas traseras de matrícula de los vehículos a motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 72/245/CEE (20 de junio de 1972). Supresión de parásitos radioeléctricos producidos por los motores de encendido.
DIRECTIVA 74/61/CEE (17 de diciembre de 1973). Dispositivos de protección contra la utilización no autorizada de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 75/443/CEE (26 de junio de 1975). Marcha atrás y el aparato indicador de velocidad de los vehículos a motor.

© *ITES - Paraninfo*

DIRECTIVA 77/389/CEE (17 de mayo de 1977). Dispositivos de remolque de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 78/317/CEE (21 de diciembre de 1977). Dispositivos de deshielo y de desempañado de las superficies acristaladas de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 78/318/CEE (21 de diciembre de 1977). Limpiaparabrisas y lavaparabrisas.
DIRECTIVA 78/548/CEE (12 de junio de 1978). Calefacción de la cabina.
DIRECTIVA 78/549/CEE (12 de junio de 1978). Guardabarros de los vehículos a motor.
DIRECTIVA 91/226/CEE (27 de marzo de 1991). Sistemas antiproyección de determinadas categorías de vehículos de motor y de sus remolques.
DIRECTIVA 94/20/CE (30 de mayo de 1994). Dispositivos mecánicos de acoplamiento de los vehículos de motor y sus remolques y a su sujeción a dichos vehículos.
DIRECTIVA 2001/85/CE (20 de noviembre de 2001). Disposiciones especiales aplicables a los vehículos utilizados para el transporte de viajeros con más de ocho plazas además del asiento del conductor, y por la que se modifican las Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE.
ORDEN de 20.09.85 o 30.12.94 o 16.10.96 (MIE). Normas de construcción, aprobación de tipo, ensayos e inspección de cisternas para el transporte de mercancías peligrosas.
ORDEN de 20.09.85 (MIE). Instalación y homologación de las placas de matrícula.
ORDEN de 21.03.86 (MIE). Normas sobre grabado de la matrícula en los vidrios de los automóviles.
REAL DECRETO 443/2001. Condiciones de seguridad en el transporte escolar.
ORDEN de 26.10.83 (MIE). Especificaciones técnicas y normas de inspección técnica de los autobuses escolares.
ORDEN de 15.06.95 (MIJ). Especificaciones técnicas de los vehículos para transporte de detenidos.
REAL DECRETO 2483/86. Condiciones de Transporte.
REAL DECRETO 2042/94. Inspección Técnica de Vehículos.
REAL DECRETO 1357/98. Inspección Técnica de Vehículos (Mod. Art 2.2).
REAL DECRETO 2115/98. Transporte de Mercancías Peligrosas ADR.
REAL DECRETO 749/01. Boca de Hombre de cisternas ADR.
REAL DECRETO 1566/99. Consejero de Seguridad para el Transporte ADR.
M.A.E. Publicación del ADR 16.12.98.
REAL DECRETO 1952/95. Autoridad competente para ADR y Comisión de Coordinación.
REAL DECRETO 736/88. Reformas de Importancia.
O.M. (MIE) 22.05.89.
ORDEN CTE/3191/2002 de 05.12.02 Nuevas reformas de importancia.
REAL DECRETO 1495/91. Recipientes a presión simples.
ORDEN de 27.07.99 (MIE). Extintores en los vehículos.
ORDEN de 9.12.99 (PG).Cambio de matrícula por seguridad. Autorizaciones temporales de circulación para vehículos con dispositivos retrorreflectantes.
ORDEN de 6.06.01 (MCyT). Condiciones de las láminas de plástico.
ORDEN INT/249/2004 Baja Definitiva.

© *ITES - Paraninfo*

ORDEN CTE/3216/2002 12.12.02. Cumplimiento Decisión Seguimiento CO_2.
UNE 26105:1985. Pivote de acoplamiento de 50 para semirremolque. Medidas principales, características de montaje a intercambiabilidad.
UNE 26160:2000. Vehículos de carretera comerciales. Montaje de la quinta rueda.
UNE 26202:1998. Bola de enganche para caravanas y remolques ligeros. Características dimensionales.
UNE 26264:1993. Unión mecánica entre cabeza tractora y semirremolque. Intercambiabilidad.
UNE 26316:1983. Accesibilidad de los mandos en los vehículos de turismo.
UNE 26413-1:1991. Sistemas de diagnostico para vehículos automóviles. Vocabulario.
UNE 26413-2:1992. Sistemas de diagnosis. Símbolos gráficos.
UNE 26450:1995. Acondicionamiento de los vehículos automóviles utilizados por un conductor discapacitado físicamente. Especificaciones técnicas.
UNE 26455-1:1998. Dispositivos portacargas de techo. Parte 1: barras portacargas.
UNE 26475:1998. Caravanas y remolques ligeros. Dispositivos de acoplamiento. Ensayos de resistencia.
UNE 26478:1998. Dispositivos limpiaparabrisas de turismos. Longitud de las escobillas.
UNE 26487:1999. Acoplamiento mecánico entre vehículo tractor provisto de dispositivo de enganche avanzado y bajo y remolques con eje central. Intercambiabilidad.
UNE 26488:1999. Acoplamiento mecánico entre vehículo tractor provisto de dispositivo de enganche trasero y remolques con eje directriz delantero. Intercambiabilidad.

© ITES - Paraninfo

Investigación de Accidentes de Tráfico

LA TOMA DE DATOS

La obra plantea metodologías de trabajo para la recopilación de todos los datos y evidencias objetivas disponibles, como fundamento de una adecuada investigación de los accidentes de tráfico. El objetivo de los autores es que esta obra sirva de consulta y ayuda a profesionales que desarrollan actividades de investigación de accidentes de tráfico y necesitan, tanto realizar la toma de datos, como el posterior tratamiento de los mismos para llegar a determinar las causas que los produjeron y proponer medidas correctoras o paliativas.

Con ese propósito, el libro comienza con una introducción en la que se presentan aspectos generales de los accidentes de tráfico y el conjunto de datos generales que llevan asociados. De forma progresiva se van analizando los diversos elementos que pueden ser importantes en la toma de datos de un accidente, como son aquellos relacionados con la escena, personas o vehículos implicados. Con relación a los vehículos se detalla el estudio a realizar de sus elementos generales y de otros aspectos particulares como son las ruedas y sus huellas o el estudio de los choques y las deformaciones estructurales.

THOMSON

www.thomsonparaninfo.com
www.paraninfo.es
www.thomsonlearning.com

ISBN 84-9732-403-X

9 788497 324038