

# LOS CRASH TEST



**I.E.S. Francisco de Goya**  
**Ciclo superior de automoción-J**  
**Profesor: Mariano Sánchez Espín**  
**Alumnos: Juan Antonio Campillo Almela**  
**Carlos Mascuñan Triviño**

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS CRASH TEST...3</b>	
<b>2.1 PRUEBAS CON CADÁVERES.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 ENSAYOS CON VOLUNTARIOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 ENSAYOS CON ANIMALES.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 ENSAYOS CON DUMMY.....</b>	<b>7</b>
<b>3. SEGURIDAD.....</b>	<b>7</b>
<b>4. SEGURIDAD PASIVA.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 CARROCERÍA.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 CINTURÓN DE SEGURIDAD.....</b>	<b>9</b>
<b>4.3 AIRBAG.....</b>	<b>11</b>
<b>4.4 REPOSACABEZAS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.5 SILLAS PARA NIÑOS.....</b>	<b>13</b>
<b>5. CRASH TEST.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 TIPOS DE PRUEBAS DE CHOQUE.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2 IMPACTO FRONTAL.....</b>	<b>20</b>
<b>5.3 IMPACTO LATERAL.....</b>	<b>23</b>
<b>5.4 IMPACTO TRASERO.....</b>	<b>25</b>
<b>5.5 VUELCO.....</b>	<b>26</b>
<b>5.6 PREVENCIÓN CONTRA RIESGO DE INCENDIO..</b>	<b>26</b>
<b>6. EURONCAP.....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud 1 – OMS – 800.000 personas mueren cada año en el mundo por culpa de accidentes de carretera y otras casi 20 millones resultan heridas. En Europa, cada año 65.000 vidas se pierden para siempre sobre el asfalto. España no es diferente, pues 9.000 personas fallecen anualmente en los treinta días siguientes de sufrir un accidente, 15.000 quedan permanentemente inválidas y 150.000 resultan heridas de consideración.



Los sistemas de seguridad evolucionan, pero a su vez los conductores se sienten más seguros y aumentan su velocidad media al conducir. Un coche bien pensado puede salvar vidas condenadas por las leyes de la física y por la locura de sus conductores. Pero por muy bien diseñado que esté un automóvil, si el conductor desconoce el uso

correcto de los elementos de seguridad, si no está en condiciones de conducir o simplemente es imprudente, el accidente está escrito.

En este trabajo se exponen distintos temas todos relacionados con la seguridad automovilística. Los accidentes de tráfico, los elementos de seguridad más importantes, la investigación en nuevos sistemas de seguridad tanto de seguridad activa o preventiva y de seguridad pasiva o paliativa.

## **2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS CRASH TEST**

El 31 de Agosto de 1869, Mary Ward se convirtió en la que se presume fue la primera víctima mortal registrada de un accidente de automóvil, cuando fue expulsada desde un vehículo, muriendo a consecuencia del golpe, en Parsonstown, Irlanda. Posteriormente el 30 de Septiembre de 1899, Henry Bliss se convirtió en la primera víctima de un accidente automovilístico en Estados Unidos cuando fue arrollado al descender de un trolebús en la ciudad de Nueva York. Desde entonces, más de 20 millones de personas han fallecido en todo el mundo a causa de accidentes automovilísticos.

La necesidad de con un medio de análisis y desarrollo de medios de mitigación de los efectos de los accidentes de vehículos sobre las personas, fue evidente después de que la producción a gran escala de vehículos comerciales comenzara a fines de los año 1890. Hacia 1930, con el automóvil incorporado como parte de la vida cotidiana, el número de muertes por accidentes con automóviles se estaba convirtiendo en un tema muy preocupante. La tasa de muerte era superior a 15,6 muertos por cada 100 millones de millas-vehículo y continuaba aumentando. Los diseñadores de automóviles se dieron cuenta de que era el momento de comenzar a investigar métodos para que sus productos fueran más seguros.

Hacia 1930, el interior de un automóvil no era un sitio seguro, aún en el caso de un choque a baja velocidad. El panel de comando era metálico, la columna de la dirección no era colapsable, y las perillas, botones y palancas eran un riesgo en caso de choque. No existían los cinturones de seguridad, y en caso de un choque frontal los pasajeros que atravesaban el parabrisas sufrían heridas de consideración o morían. El cuerpo del

automóvil era rígido, y las fuerzas de impacto se transmitían directamente a los ocupantes del automóvil. A finales de 1950, los fabricantes de automóviles eran de la opinión de que no era posible concebir un automóvil tal que sus ocupantes pudieran sobrevivir a un choque, dado que las fuerzas en una colisión eran demasiado grandes y el cuerpo humano es demasiado frágil.

## **2.1. PRUEBAS CON CADÁVERES**

La universidad Wayne State de Detroit fue la primera que comenzó a recolectar información en forma sistemática sobre los efectos que los choques a alta velocidad producen en el cuerpo humano. Hacia fines de la década de 1930, no existían datos confiables sobre la respuesta del cuerpo humano al ser sometido a condiciones extremas, ni tampoco existían herramientas adecuadas para medir estas respuestas. El campo de la biomecánica estaba todavía en sus comienzos. Fue por lo tanto preciso emplear dos tipos de métodos para recolectar los primeros datos.

El primer método se basaba en el empleo de cadáveres humanos como medio para realizar pruebas. Ellos eran usados para obtener información fundamental sobre la capacidad del cuerpo humano para resistir las fuerzas de aplastamiento y desgarramiento que típicamente ocurren durante un accidente a alta velocidad. Para ello se dejaban caer bolillas de acero sobre los cráneos, y los cuerpos eran arrojados dentro de vanos de ascensores en desuso cayendo sobre plataformas metálicas. Algunos cadáveres provistos de acelerómetros rudimentarios eran atados a automóviles los cuales eran guiados en choques frontales y vuelco de vehículos.

El artículo de Albert King en el Journal of Trauma (1995), "Beneficios para la humanidad en el campo de la prevención de daños, obtenidos mediante investigaciones con cadáveres", claramente resalta el valor de las investigaciones con cadáveres en salvar vidas humanas. Los cálculos de King muestran que como resultado de los cambios de diseño implementados hasta 1987, la investigación con cadáveres ha salvado unas 8500 vidas por año. El destaca que por cada cadáver utilizado, cada año 61 personas sobreviven debido al uso de cinturones de seguridad, 147 viven gracias a los airbag y 68 sobreviven un impacto contra el parabrisas.

Sin embargo, el trabajo con cadáveres presentaba casi tantos problemas como los que resolvía. No solo estaban los aspectos morales y éticos relacionados a trabajar con muertos, sino que también existían dificultades con la investigación propiamente dicha. La mayoría de los cadáveres disponibles eran de adultos caucásicos de edad avanzada los que habían fallecido de muertes no violentas; por lo cual no eran demográficamente representativos de las víctimas de los accidentes. No era posible utilizar cadáveres de víctimas de accidentes, dado que la existencias de daños y heridas previas afectaba la calidad de la información que se quería obtener con los experimentos. Como no había dos cadáveres que fueran idénticos, y como una parte específica de un cadáver solo podía ser utilizada una vez, no era posible obtener datos confiables y comparables. Adicionalmente, era muy difícil conseguir cadáveres de niños y además los aspectos legales y de opinión pública no hacían factible su uso. Y en la medida que las pruebas de choque se volvieron rutina, los cadáveres adecuados se volvieron cada vez más escasos. En consecuencia los datos e información biométricos eran limitados y sesgados hacia el hombre blanco de edad avanzada.

## **2.2. ENSAYOS CON VOLUNTARIOS**

Algunos investigadores decidieron ellos mismos servir como medio para realizar ensayos de choque. El coronel John Paul Stapp de la fuerza aérea de los Estados Unidos se subió en un vehículo impulsado por cohetes alcanzando una velocidad de más de 1000 km/h y deteniéndose en menos de un segundo. Lawrence Patrick, un profesor de la Universidad de Wayne State, realizó más de 400 viajes en un vehículo impulsado por cohetes, para investigar sobre los efectos que las desaceleraciones violentas tienen sobre el cuerpo humano. El y sus estudiantes permitieron que un gran péndulo de metal chocara contra sus pechos, recibieron impacto de martillos rotatorios neumáticos y soportaron el impacto de pequeñas partículas de vidrio para simular la implosión de una ventana. Si bien Patrick admite que a veces los experimentos eran dolorosos, él es de la opinión que la investigación realizada fue fundacional para el desarrollo de modelos matemáticos contra los que se pudiera cotejar los resultados de futuras investigaciones. Si bien los datos obtenidos como producto de ensayos sobre seres vivos fueron valiosos, los voluntarios humanos no podían ser sometidos a ensayos que excedieran el punto en

el que sentían un ligero malestar. Por lo tanto para recolectar información sobre las causas y medidas de prevención de daños y fatalidades sería necesario recurrir a otro sujeto para los ensayos.

### **2.3. ENSAYOS CON ANIMALES**

A mediados de la década de 1950, se había obtenido toda la información posible a partir de ensayos con cadáveres. Por otra parte era necesario recolectar datos sobre la capacidad de sobrevivir a los accidentes, para lo cual la investigación con cadáveres era claramente inadecuada. Esta necesidad, sumado a la escasez de cadáveres forzó a los investigadores a buscar otros modelos para sus ensayos. Mary Roach en la Octava Conferencia Stapp y demostración de impacto de automóviles indica la dirección en la cual la investigación se había orientado. "Vimos un chimpancé montado en un vehículo propulsado por cohetes, un oso en un péndulo de impacto...vimos un cerdo, anestesiado y ubicado sentado en el arnés del columpio chocar contra un volante de automóvil a una velocidad de 10 millas por hora.

Sin embargo ni el uso de cadáveres ni de seres humanos permitía avanzar en la investigación de medios que permitieran reducir los daños causados por el impacto (empalado) contra la columna del sistema de dirección de los automóviles. Hacia 1964, la cantidad de fatalidades por empalamiento con la columna del sistema de dirección era superior al millón y era un porcentaje muy importante del total de las causas de muerte. General Motors logra al comienzo de la década de 1960 reducir un 50% la probabilidad de muerte por empalamiento con la columna de dirección al introducir en sus vehículos la columna de dirección colapsable. El cerdo era el animal que más a menudo se usaba en estudios de impacto, debido a que su estructura interna es similar a la de los seres humanos. El cerdo tiene también la característica de que es posible ubicarlo en un vehículo en una posición similar a la de un ser humano sentado.

Si bien era más fácil obtener datos de pruebas con animales que a partir de pruebas con cadáveres, el hecho que los animales no fueran personas y la dificultad en emplear instrumentación interna adecuada limitaba en parte su utilidad. Hoy ya no se practican

pruebas con animales; General Motors dejó de realizar ensayos sobre seres vivos en 1993 y los otros fabricantes tomaron la misma decisión por esa época.

## 2.4. ENSAYOS CON DUMMY



Un crash test dummy (en plural, *crash test dummies*) es un término inglés sin traducción en que hace referencia al tipo de muñeco o maniquí utilizado para las pruebas de seguridad en los automóviles.

Son réplicas a escala natural de personas, con el peso y las articulaciones creadas

para replicar el comportamiento del cuerpo humano en una colisión de un vehículo. El maniquí contiene numerosos instrumentos para recolectar toda la información posible sobre variables como la velocidad de impacto, la fuerza de compresión, doblado, o la torsión del cuerpo, así como la desaceleración durante una colisión.

Hoy en día este tipo de muñecos son indispensables en el desarrollo de nuevos modelos de todo tipo de vehículos: desde automóviles hasta aeronaves.

## 3. SEGURIDAD

El concepto de seguridad debe consistir en evitar accidentes de antemano, aquí interviene tanto la capacidad del conductor como la del vehículo. Es por ello que todas las marcas se dedican a la seguridad activa con el mismo esmero que a la seguridad pasiva y a la protección del vehículo, persiguiendo el objetivo ideal de conseguir la óptima combinación de seguridad.

A la seguridad activa o preventiva pertenece todo aquello que sirve para prevenir situaciones de peligro, o sea, en primer lugar las características técnicas que contribuyen



al dominio fiable del automóvil. Por seguridad pasiva o paliativa se entienden todas las medidas de precaución que se toman.

## 4. SEGURIDAD PASIVA

Seguridad pasiva: significa, dado el caso, la mejor protección posible contra lesiones, no sólo para los ocupantes del vehículo, sino también para terceras personas eventualmente afectadas, sobre todo para peatones y ciclistas.

Junto a la minimización de los gastos de reparación para el vehículo en casos de accidentes mínimos (concepto de protección del vehículo) forma parte fija de todo desarrollo de vehículos el implementar máximos niveles de seguridad pasiva, todo ello sujeto al precepto de establecer “armonía conceptual”, o sea, la acción conjunta planificada de todos los factores que intervienen. Después de todo, el automovilista no puede escoger el tipo de accidente, sino que debe estar lo mejor equipado posible para cualquier caso concebible.

Eso significa deformación controlada de las zonas de resistencia progresiva, produciendo mínimos daños al circularse con velocidades menores, máxima estabilidad de la celda del habitáculo, diseño decididamente enfocado hacia los factores de seguridad, son sistemas vanguardistas de retención de ocupantes, acolchados de seguridad y muchos otros detalles constructivos. Si uno sólo de estos criterios presenta deficiencias, puede reducir o contrarrestar el efecto de los demás. Por ese motivo, los fabricantes de automóviles dedican a todos esos puntos decisivos su esmero y su minuciosidad sin restricción alguna.

### 4.1. CARROCERÍA



Las carrocerías fabricaban por métodos tradicionales cuyos orígenes databan de la época de los coches de tracción animal,

ya que su bastidor a base de largueros de madera se tomaba como base para la fabricación de la carrocería del vehículo y sobre él se montaban los elementos mecánicos de propulsión, dirección, etc. Hacia 1.912 los paneles de madera habían sido totalmente abandonados y sustituidos por chapa de acero en los vehículos menos costosos debido al desarrollo de la técnica de embutición. Muchas de las carrocerías totalmente de acero de los años veinte seguían incorporando algo de madera, fundamentalmente para enmarcar el techo y fijar la tapicería. A partir de los años 30, las grandes compañías de construcción de vehículos adoptan el uso de la chapa de acero para la construcción total del vehículo. En 1.934, fabricó una carrocería de baja altura, aerodinámica y su construcción se hizo con una nueva técnica denominada “carrocería autoportante” en la que se suprimía el chasis independiente que se utilizaba hasta entonces ya que estaba fabricada de chapas de acero, sin ningún elemento de madera y construida sobre un bastidor compuesto de largueros y travesaños de chapa relativamente fina en forma de caja en la que todas sus piezas soldadas colaboran en la resistencia de la estructura. La construcción de la carrocería autoportante supuso el comienzo de un nuevo concepto en la fabricación de las carrocerías que adoptaron todos los fabricantes de automóviles. La estructura de las carrocerías se hizo más aerodinámica por una parte para seguir la moda y por otra para ofrecer menos resistencia al aire.



## **4.2. CINTURÓN DE SEGURIDAD**

A fines del siglo pasado, algunos motoristas pioneros se dieron cuenta de que un cinturón colocado alrededor de la cintura podía ayudar a mantenerlos en el asiento y evitarles caer fuera del vehículo. Así fue como en 1907 se patentó un sencillo cinturón diseñado para ser colocado en la cintura.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la gente empezó a otorgar mayor importancia a los cinturones de seguridad. La investigación comenzó en la industria de la aviación:

dos antiguos aviadores americanos diseñaron uno de tres puntos en forma de “Y” denominado “cinturón de seguridad combinado de hombro y cintura”, que se patentó en 1951. Desafortunadamente, el diseño no era tan seguro como se pretendía.

En 1958 Nils Bohlin, un ingeniero sueco de Volvo, creó un cinturón de tres puntos. Por ello ingresó en el 2002 al “Inventors Hall of Fame”.

Su principal criterio para esta invención se basó en el principio fundamental de que el cinturón debía estar formado por una banda en la cintura y por otra diagonal, colocadas a lo largo de la pelvis y de la caja torácica, y coordinadas en un punto de anclaje fijo y bajo, al lado del asiento. Esto significa que la geometría del cinturón asumía la forma de “V” horizontal.

Un año después, el cinturón patentado de tres puntos se introdujo en los mercados nórdicos, y Volvo se convirtió en el primer constructor mundial de automóviles que equipaba sus vehículos con cinturones de seguridad de forma estándar. Sobre esta base, Volvo introdujo en 1963 el cinturón de tres puntos en Estados Unidos y, posteriormente, en otros mercados. Desde que Volvo presentó el cinturón de seguridad de tres puntos, el perfeccionamiento de este elemento vital ha sido permanente.

Sus mejoras se destacan:

- Los cinturones de tres puntos en los asientos posteriores laterales.
- Las bobinas de inercia.
- Los pretensores que tensan el cinturón en caso de colisión.



- El cinturón de tres puntos en el asiento posterior central.

Los limitadores de tensión, que garantizan que la persona que lleva puesto el cinturón sea retenida de una manera más suave en una colisión.

### 4.3. AIRBAG



El airbag nació en Estados Unidos y su desarrollo fue, en un principio, muy lento. Sin embargo, una vez que se comprobó su eficacia, la carrera de los investigadores está siendo imparable y su implantación en los vehículos también. Fueron los años 30 y el mundo de la aviación en particular los que vieron nacer el concepto de bolsa de aire. La primera patente para su instalación en un coche se registró en Estados Unidos en

1953. Consistía en un acumulador de gas comprimido que hinchaba unas bolsas colocadas en el volante, panel de instrumentos y guantera. Este mismo diseño lo utilizó la

General Motors a mediados de los años 70 y se comprobó que:

- Podía causar heridas muy importantes en el torso del conductor si éste estaba demasiado cerca del volante.
- El pasajero podía resultar herido en las piernas si no estaba sentado adecuadamente.

Como se ha indicado anteriormente, hay que constatar que el desarrollo del airbag fue muy lento. El primer gran empujón lo recibió en 1978, gracias a la norma de la administración norteamericana que incluyó el airbag como un elemento de seguridad pasivo o automático. Fue Mercedes quien, en 1981, ofreció por primera vez este dispositivo para el conductor como elemento opcional en alguno de sus modelos (todo

un privilegio por aquel entonces); seis años más tarde (1987) incorporó el airbag para el acompañante. Seguidamente lo hicieron Ford, Chrysler, BMW, Saab, Porsche y Volvo, pero siempre como opción.

El primero de los fabricantes de automóviles que equipó de serie en uno de sus modelos con este dispositivo fue Ford, con el lanzamiento del Mondeo; posteriormente, en 1993, lo amplió a toda su gama iniciando así la carrera imparable del airbag como un elemento de seguridad no destinado exclusivamente a los modelos más caros.

Desde luego, en esta rápida carrera hay que destacar la aparición de airbags que protegen todas las partes del cuerpo y a todos los ocupantes de los vehículos. Así, en 1994, Volvo y BMW incluyeron airbags laterales en las plazas delanteras. Incluso algunas marcas incorporaron en sus vehículos de gama alta el airbag en el asiento trasero, necesitando una estructura especial en el asiento delantero para poder instalarlo.

En la actualidad, podemos encontrarnos hasta ocho bolsas de seguridad en un automóvil.

Por último, uno de los hitos más importantes es la aparición muy reciente del denominado airbag-inteligente, más conocido como “smart-bag”, cuyos pioneros han sido Mercedes y más recientemente la firma Autoliv con su “Smart-airbag”. A él le dedicaremos un apartado especial en este trabajo.

#### 4.4. REPOSACABEZAS

La historia de los reposacabezas no comenzó junto con la del automóvil. No llegaron hasta los años 50, y lo hicieron como un elemento de confort que sólo incorporaban algunos modelos de élite. Hasta finales de los años sesenta no se presentaron como un sistema de seguridad.



Fue a finales de la década de los sesenta, concretamente en 1968, cuando los fabricantes alemanes Mercedes Benz y BMW presentaron los reposacabezas como un dispositivo de seguridad que dejaba de ser un elemento de confort, y pasaba a caracterizarse por su resistencia.

Su principal objetivo estaba claro: evitar las lesiones cervicales producidas en caso de colisión. Un año más tarde, en 1969, en Estados Unidos se aprueba una normativa que establece la obligatoriedad de instalar reposacabezas a todos los turismos vendidos en ese país.

En 1978, los miembros que entonces formaban la Unión Europea aprueban la legislación relativa a la homologación de estos importantes elementos de seguridad. España se adhiere a esta normativa en 1989. En la actualidad, aunque no es obligatoria su instalación, la totalidad de los turismos incorpora de serie reposacabezas en sus plazas delanteras, ya sean fijos o ajustables, y casi mayoritariamente en las traseras. Actualmente, los fabricantes están poniendo en el mercado unos reposacabezas muy avanzados que se denominan "activos". Su objetivo es acompañar al cuello en su recorrido, para que esté protegido en todo momento, y reducir las consecuencias derivadas de un accidente

## 4.5. SILLAS PARA NIÑOS

Su objetivo es garantizar aún más la seguridad de los niños que viajan en automóvil. La homologación se realizará, como hasta ahora, en el laboratorio oficial TNO Automotive de Holanda, el más riguroso de Europa. El tren de choque es un sistema de simulación de colisión diseñado exclusivamente para sillitas de automoción. El sistema está hecho de acuerdo con las exigencias de la normativa





europea vigente referente a la seguridad infantil. En el simulador se realizan las pruebas de las sillas, cuya homologación o no homologación posterior dependerá del cumplimiento de las normativas comunitarias.

Los tipos de choque que pueden experimentarse en el "Jané Crash Test Research Center" son tres: frontal, posterior y lateral. El sistema de simulación es del tipo catapulta, que permite alcanzar diferentes velocidades de impacto, así como las desaceleraciones o fuerzas, que equivaldrían a los resultados obtenidos sobre una silla de automoción fijada a un asiento de automóvil, que impacta contra un cuerpo de extrema rigidez o inmóvil.

## **5. CRASH TEST**

La industria del automóvil cuenta con los servicios de especialistas de gran prestigio para efectuar un análisis de accidentes, entre ellos, los médicos y expertos de tráfico estudian diferentes casos con sus lesiones típicas y sus daños materiales. Las estadísticas sobre gravedad y tipos de accidentes permiten distinguir riesgos. Para estudiar el comportamiento del vehículo en caso de colisión, y al objeto de tratar de mejorar la seguridad reduciendo las consecuencias de los accidentes, uno de los aspectos que tienen en cuenta los fabricantes de vehículos y que más ha contribuido a conseguir una mayor protección de los ocupantes, es la realización de pruebas de choque, más conocidas como crash-test (simulaciones de accidentes realizadas en laboratorios). Con ellos se consiguen determinar los fenómenos técnicos y físicos implicados en una colisión y el comportamiento de la carrocería en caso de impacto, mediante la medición de los esfuerzos soportados por los dummies (o maniqués antropomórficos) y de las mediciones dimensionales del habitáculo de pasajeros. Desde hace algunos años, la simulación mediante ordenador se ha convertido en un medio esencial para el perfeccionamiento de la seguridad en los automóviles. Aunque la simulación mediante ordenador no puede los experimentos prácticos, las condiciones básicas para estos experimentos han evolucionado considerablemente, ya que ahora se puede trabajar con soluciones constructivas optimizadas. Los ensayos de crash-test evalúan la eficacia global de los sistemas de seguridad pasiva del vehículo, lo que ha incidido de forma directa en la gran evolución que han experimentado los mismos. Del resultado de estas pruebas también se extraen conclusiones muy valiosas (sobre todo para las compañías aseguradoras, acerca del grado de reparabilidad de la carrocería en

función de la magnitud y orientación del impacto. Las pruebas de choque pueden ser parciales. En ellas se ha comprobado como, una estructura rígida sería altamente nociva para el cuerpo humano en caso de colisión, al provocar una deceleración demasiado elevada. Por el contrario, una carrocería fácilmente deformable aprisionaría a los ocupantes dentro del vehículo. Con el análisis de datos obtenidos en el desarrollo de estas pruebas, se trata de conseguir una estructura que, en caso de choque sea lo suficientemente flexible como para absorber la mayor parte de la energía generada en el impacto evitando así una deceleración excesiva y que al mismo tiempo sea lo suficientemente rígida para mantener rígido el habitáculo. Todo ello con el fin de garantizar en la medida de lo posible la máxima protección no solo a los ocupantes del propio vehículo, sino también procurar que los ocupantes de otros vehículos, o los peatones implicados en un choque sufran las mínimas consecuencias.

## **5.1. TIPOS DE PRUEBAS DE CHOQUE**

Las pruebas de choque de un vehículo son parte fundamental del proceso de diseño y de la posterior homologación del mismo necesaria para poder comercializarse, ya que todos los vehículos fabricados deben ajustarse a una serie de estándares fijados por la ley. Para disponer de un marco lo más completo posible, hay que tener en cuenta la enorme variedad de accidentes reales, que dependen de:

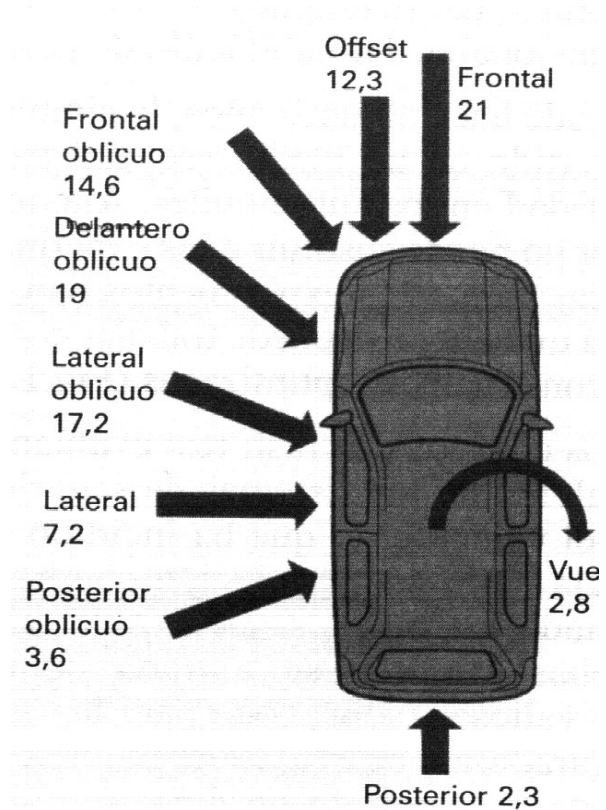
- Las distintas velocidades a las que se pueden producir los choques.
- Los diferentes tipos de obstáculos encontrados (fijos móviles y más o menos deformables).
- Las características físicas de los ocupantes del vehículo.

Con tal complejidad, el nivel de seguridad pasiva de un automóvil sólo puede establecerse gracias a la repetición de una larga serie de pruebas (más de 100 ensayos). Los fabricantes suelen realizar más de 40 tipos distintos de choques para cualificar cada



uno de sus modelos. Cada una de estas pruebas no se realiza de una sola vez, sino que se repite en las distintas fases de desarrollo del vehículo, desde los prototipos hasta los modelos de serie. Asimismo, después de entrar en producción se efectúan habitualmente muestreos de todos los vehículos para comprobar que se ajustan a las especificaciones de diseño. Como idea de lo representativas que resultan este tipo de pruebas, baste como dato que un choque a 50 Km/h. contra un obstáculo fijo no deformable corresponde aproximadamente a una colisión de dos vehículos idénticos y del mismo peso, ambos lanzados uno

contra el otro a 50 Km/h. La energía desarrollada prácticamente equivale a la que se obtiene del choque a 100 Km/h de un coche contra otro parado. El diseño de las diferentes pruebas de choque se realiza en base al estudio de las estadísticas de los tipos de colisiones más habituales. De su análisis se desprende que más de dos tercios de los accidentes producidos afectan a la parte delantera del vehículo frontalmente o de modo oblicuo (en cuyo caso repercutirán respectivamente en toda la anchura del mismo o sólo en una parte). Todos estos choques suceden entre vehículos de distintos tamaños y a velocidades diferentes.

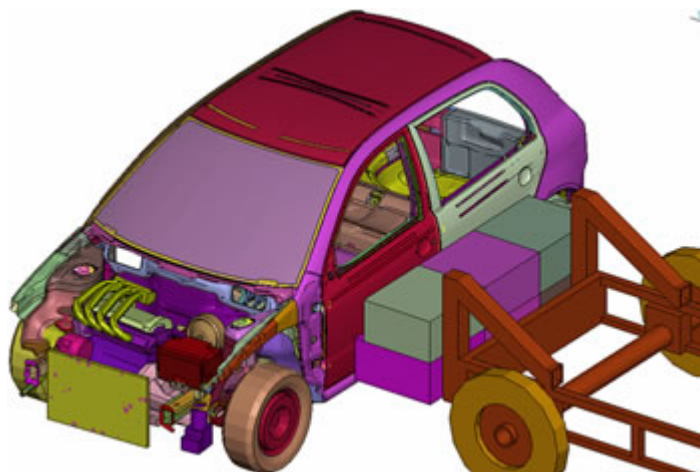
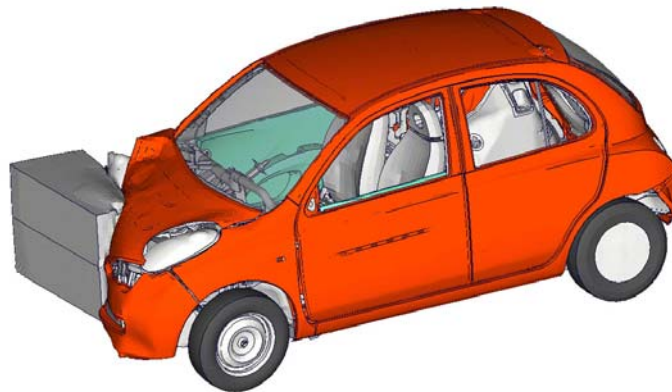


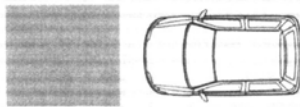
Si bien existe una gran variedad de ensayos, las únicas pruebas homologadas por la reglamentación europea vigente, consisten en analizar los aspectos biomecánicos y de estructura que se desprenden de los test de impacto frontal y lateral. En general, los objetivos que se persiguen en las diferentes pruebas de impacto son:

- En los choques frontales se busca optimizar los refuerzos de la estructura portante y conseguir unos medios de retención adecuados.

- En los choques laterales se intenta evitar la intrusión en el habitáculo.
- En el caso de vuelcos, lo que se pretende es limitar las deformaciones del habitáculo por aplastamiento.

En los choques traseros se estudia el comportamiento del reposacabezas y el depósito de combustible y sus canalizaciones.

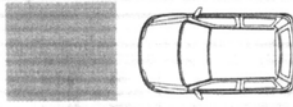


**Choque frontal**

Velocidad (km/h): 4 - 8

Carga: peso en vacío y peso total admitido

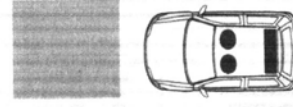
Motivo de la prueba:  
- parachoques



Velocidad (km/h): 48,3 - 52

Carga: peso en vacío

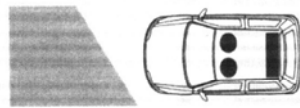
Motivo de la prueba:  
- solicitud de los pasajeros  
- estructura vehículo  
- habitáculo  
- estanqueidad instalación combustible  
- posibilidad de socorro



Velocidad (km/h): 48,3 - 56,3

Carga: 2 personas + carga

Motivo de la prueba:  
- solicitud de los pasajeros  
- estanqueidad instalación combustible  
- estructura vehículo  
- habitáculo  
- posibilidad de socorro

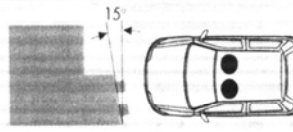


30% a la izquierda / 30% a la derecha

Velocidad (km/h): 48,3 - 56,3

Carga: 2 personas + carga

Motivo de la prueba:  
- solicitud de los pasajeros  
- estanqueidad instalación combustible  
- estructura vehículo  
- habitáculo  
- posibilidad de socorro

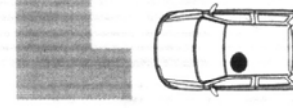


50% de superposición, 15°, sistemas antideslizamiento

Velocidad (km/h): 55

Carga: 2 personas

Motivo de la prueba:  
- solicitud de los pasajeros  
- estanqueidad instalación combustible  
- estructura vehículo  
- posibilidad de socorro

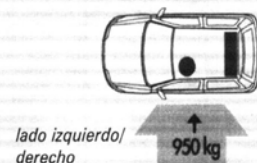


40% de superposición

Velocidad (km/h): 15

Carga: 1 persona

Motivo de la prueba:  
- gastos de reparación

**Choque lateral**

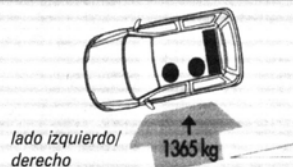
lado izquierdo/  
derecho

950 kg

Velocidad (km/h): 50 - 52

Carga: 1 persona + carga

Motivo de la prueba:  
- solicitud de los pasajeros  
- estructura vehículo  
- pérdidas de combustible  
- posibilidad de socorro



lado izquierdo/  
derecho

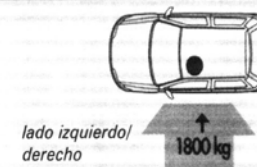
1365 kg

27°

Velocidad (km/h): 54

Carga: 2 personas + carga

Motivo de la prueba:  
- solicitud de los pasajeros  
- estructura vehículo  
- posibilidad de socorro



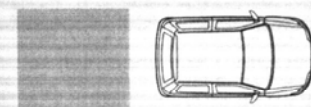
lado izquierdo/  
derecho

1800 kg

Velocidad (km/h): 32 - 35

Carga: 1 persona + carga

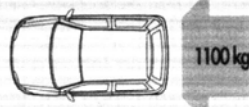
Motivo de la prueba:  
- estanqueidad instalación combustible  
- estructura vehículo  
- posibilidad de socorro

**Choque posterior**

Velocidad (km/h): 4 - 8

Carga: peso en vacío y peso total admitido

Motivo de la prueba:  
- daño parachoques

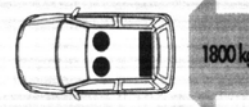


1100 kg

Velocidad (km/h): 38 - 50

Carga: peso en vacío

Motivo de la prueba:  
- estanqueidad instalación combustible  
- habitáculo

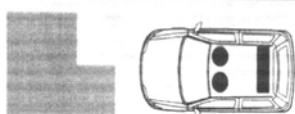


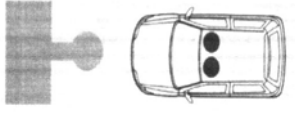


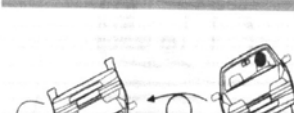
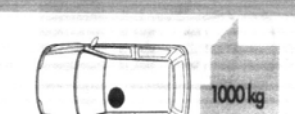


1800 kg

Velocidad (km/h): 48,3

Carga: 2 personas + carga

Motivo de la prueba:  
- estanqueidad instalación combustible  
- estructura vehículo  
- habitáculo  
- solicitud de los pasajeros  
- posibilidad de socorro

 <p>40% de superposición</p> <p><b>Velocidad (km/h): 50</b></p> <p><b>Carga:</b> 2 personas + carga</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitud de los pasajeros</li> <li>- estanqueidad instalación combustible</li> <li>- estructura vehículo</li> <li>- posibilidad de socorro</li> </ul>	 <p>40% de superposición con barrera deformable</p> <p><b>Velocidad (km/h): 55</b></p> <p><b>Carga:</b> 2 personas + carga</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitud de los pasajeros</li> <li>- estanqueidad instalación combustible</li> <li>- estructura vehículo</li> <li>- habitáculo</li> <li>- posibilidad de socorro</li> </ul>	 <p>30% izquierda/derecha con sistemas antideslizamiento</p> <p><b>Velocidad (km/h): 48,3 - 56,3</b></p> <p><b>Carga:</b> 2 personas + carga</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitud de los pasajeros</li> <li>- estanqueidad instalación combustible</li> <li>- estructura vehículo</li> <li>- habitáculo</li> <li>- posibilidad de socorro</li> </ul>
 <p>Choque contra un palo</p> <p><b>Velocidad (km/h): 32 - 50</b></p> <p><b>Carga:</b> 2 personas</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitud de los pasajeros</li> <li>- estructura vehículo</li> <li>- habitáculo</li> <li>- estanqueidad instalación combustible</li> <li>- posibilidad de socorro</li> </ul>	 <p>50% de superposición</p> <p><b>Velocidad (km/h): 50 - 54</b></p> <p><b>Carga:</b> 2 personas + carga</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitud de los pasajeros</li> <li>- estanqueidad instalación combustible</li> <li>- estructura vehículo</li> <li>- posibilidad de socorro</li> </ul>	
 <p><b>Velocidad (km/h): 50 - 56</b></p> <p><b>Carga:</b> 1 persona + carga</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solicitud de los pasajeros</li> <li>- estanqueidad instalación combustible</li> <li>- estructura vehículo</li> <li>- posibilidad de socorro</li> </ul>	<p><b>Vuelco</b></p>  <p>Rollover</p> <p><b>Velocidad (km/h): 50</b></p> <p><b>Carga:</b> 1 persona</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- resistencia estructura</li> <li>- solicitud de los pasajeros</li> <li>- habitáculo - posibilidad de socorro</li> <li>- estanqueidad instalación combustible</li> </ul>	
 <p>40% de superposición</p> <p><b>Velocidad (km/h): 15</b></p> <p><b>Carga:</b> 1 persona</p> <p><b>Motivo de la prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gastos de reparación</li> </ul>		

## 5.2. IMPACTO FRONTAL

Las estadísticas de accidentes demuestran que casi dos terceras partes de las colisiones son frontales, y la mitad de ellas presentan una cobertura de entre el 30 y el 50 % de la superficie frontal. Para comprobar los efectos de este tipo de colisiones se realiza una prueba que consiste, según la norma ECE R94 de la directiva 96/79 CE, en un choque frontal a una velocidad de 56 Km/h. contra una estructura deformable con una configuración de panel (que simula otro vehículo) y que afecta al 40 % de la parte delantera del automóvil en el lado del conductor (offset) (es como si el conductor hubiese tenido tiempo de girar el volante para evitar un impacto totalmente frontal). En este tipo de choque, el desarrollo de la prueba se realiza con dos maniquíes o dummies colocados en los asientos delanteros con los correspondientes sistemas de retención, (Hay otro tipo de ensayos complementarios a los de homologación que incluyen un maniquí de la medida de un niño de 3 años colocado detrás del conductor, y otro de 18 meses detrás del pasajero, cada uno situado en una sillas especial para su edad, y aunque a veces no disponen de sensores como los mayores, la grabación del choque permite analizar su comportamiento. Los maniquíes están dotados de una serie de sensores para medir las fuerzas y aceleraciones a que se ven sometidas en un choque las diversas partes de su anatomía como: tórax, cabeza, cuello, tibia y fémur.



Como resultado del choque, la energía cinética es absorbida por la deformación del paragolpes delantero, del frontal y en casos graves, también por la zona delantera del habitáculo (zona de la pared del salpicadero). La longitud de la parte delantera se comprime de 40 a 70 cm. (según la concepción del vehículo:

- Forma de la carrocería.
- Tipo de tracción.
- Posición del motor.
- Masa y dimensiones, etc....

También el motor, los ejes y las ruedas absorben energía. La columna de dirección por su parte debe doblarse de manera que el volante sólo se desplace unos pocos centímetros (como máximo 10) en dirección al conductor. En caso de fuerte deformación, los pedales deben subir quedando apoyados contra el salpicadero, siempre y cuando su alojamiento está diseñado convenientemente. A continuación se enumeran de forma resumida, los aspectos de seguridad que debe superar un vehículo en este tipo de choque:

- Durante el ensayo no deberá abrirse ninguna puerta ni accionarse fortuitamente los sistemas de bloqueo de las puertas delanteras.
- Después de la colisión debe abrirse como mínimo una puerta delantera y otra trasera (sin ser necesario utilizar ningún tipo de herramientas) para poder extraer los maniqués del vehículo liberándolos previamente de sus sistemas de retención, para lo cual será necesario aplicar una fuerza máxima de 60 N sobre el dispositivo de apertura. Asimismo, en caso necesario se podrán inclinar los respaldos de los asientos (o los propios asientos) para evacuar a todos los ocupantes.

- El desplazamiento del volante no será superior a 80 mm. hacia arriba ni a 100 mm. hacia atrás.
- Durante el choque no se desprenderá ninguna pieza o componente interior que pueda aumentar el riesgo de lesión al impactar sobre un maniquí.
- Solo se admitirán pequeñas fugas de combustible del orden de 0,5 gr/s.

Por lo que respecta a los datos registrado por los maniquíes, las zonas más expuestas en este tipo de choque son: la cabeza, el cuello, el tórax y las piernas. En este tipo de impacto, los movimientos de flexión del cuello, la compresión del tórax, el fémur, la tibia y el desplazamiento de la articulación de la rodilla no superarán unas medidas establecidas.

En general, los parámetros que se miden para evaluar las consecuencias de una colisión frontal son:

- **Cabeza.** Según criterio HIC 36.
- **Tórax.** Compresión y criterio viscoso.
- **Parte superior de la pierna.** Fuerza sobre el fémur y en la rodilla.
- **Pie y tobillo.** Intrusión de la plataforma bajo los pies y desplazamiento del pedal de freno.

Una vez efectuado el choque, el habitáculo ha de permanecer intacto. Esto concierne fundamentalmente a:



- **La zona de la pared frontal.** Desplazamiento de la instalación de la dirección, panel de instrumentos, pedales y contracción del espacio para los pies.
- **El suelo.** Hundimiento o inclinación de los asientos.
- **La pared lateral.** Apertura de las puertas después del impacto.

### 5.3. IMPACTO LATERAL

Según el análisis estadístico, los choques laterales representan el 25 % de todos los accidentes. En este caso es mucho más difícil la protección de los ocupantes del vehículo. La colisión lateral entraña un elevado riesgo de lesiones, provocado por la limitada capacidad de absorción de las piezas de la estructura y del revestimiento, y las grandes deformaciones que de ello resultan en el habitáculo. En estos casos, solo se puede contar con un reducido volumen deformable. El punto neurálgico son las puertas, que para proporcionar una protección eficaz deben mantenerse sujetas a las columnas por medio de mecanismos de cierre y bisagras extremadamente robustas. La rigidez de las puertas, así como la solidez de los largueros que las unen y del techo, determinan la resistencia de la célula de pasajeros. En este contexto, el diseño de los asientos ha demostrado revestir también excepcional importancia. En la actualidad la máxima seguridad la proporcionan los asientos con sistema de cinturón integrado (asientos integrales), que disponen de una unión muy firme al piso y refuerzos muy estudiados para aumentar la seguridad en dicha zona. El cinturón integrado en el asiento hace necesaria esta rigidez estructural, ya que al fin y al cabo, todas las fuerzas que actúan sobre el cinturón influyen en la construcción del asiento y el piso. En las pruebas estáticas de colisión lateral, reguladas por la norma ECE R95 de la directiva europea 96/27/CE, el vehículo recibe un impacto perpendicular por el lado del conductor. El golpe se produce mediante una carretilla móvil deformable de 30 cm. de anchura y 95 Kg. de peso que se desplaza a 50 Km/h, como vemos en la figura 10. De esta forma se verifican aspectos tales como la resistencia de las puertas o los anclajes del cinturón. En relación a la prueba en sí misma, los requisitos que debe superar el vehículo son muy similares a los relacionados en el caso del test frontal. Por lo que respecta a los datos registrados por los maniquíes, las zonas más afectadas en este tipo de choque son: la



cabeza, el tórax, el abdomen y la pelvis, que no deberán sufrir fuerzas que superen los límites establecidos.

Los parámetros que se miden para evaluar las consecuencias de una colisión lateral son:

- Cabeza. Según criterio HIC 36.
- Cuello. Tensión, extensión y fuerza cortante.
- Tórax. Compresión y criterio viscoso.
- Abdomen. Fuerza abdominal total.
- Pelvis. Fuerza pública.



Los puntos resistentes de la estructura se central principalmente en este caso, en la resistencia de la estructura de la pared lateral (uniones superiores e inferiores de los montantes y fijación de las puertas a los montantes), la capacidad de carga de los travesaños del piso y del asiento y también el tipo de revestimiento de la puerta.

Además de la prueba de impacto lateral descrita anteriormente, también suele realizarse una variedad de lamisca consistente en el impacto lateral contra un poste. Con esta prueba además de verificarse la eficacia de los airbags laterales y el comportamiento del capó, el problema principal que se ha de solucionar es hacer que las puertas no cedan, sino que transmitan lo más rígidamente posible las solicitaciones a la estructura del vehículo. La prueba se realiza a 29 Km/h. contra un impacto sin airbag, la cabeza del

conductor podría golpearse contra el poste con suficiente fuerza como para causar una lesión extremadamente importante.

## 5.4. IMPACTO TRASERO

Para analizar en profundidad el comportamiento de la carrocería, se realizan pruebas de choque complementarias como las estáticas de colisión trasera, reguladas por la norma ECE 32/34, el vehículo recibe un impacto mediante una carretilla móvil deformable a una velocidad de 35/38 Km/h, como vemos en la figura 13. En este caso:

- No debe producirse apenas deformación del habitáculo.
- Las puertas deben poder abrirse.
- La tapa del maletero no debe introducirse en el habitáculo a través de la luneta trasera.
- La instalación de combustible debe permanecer estanca.
- El reposacabezas debe evitar la hiperextensión del cuello de los ocupantes.

Una variedad de esta prueba consiste en el impacto trasero contra un poste rígido, en la que se analiza sobre todo la resistencia de los siguientes elementos: paragolpes, travesaño, largueros y capó o portón trasero.



## 5.5. VUELCO

Los tests de vuelco (roll-over test) ponen a prueba la rigidez de la estructura del techo. Este tipo de choque suele realizarse en dos fases:

- En la primera el vehículo se coloca en una carretilla inclinada que se lanza a 50 Km/h.
- A continuación la carretilla se bloquea bruscamente y el vehículo sale despedido rodando hasta que se detiene.

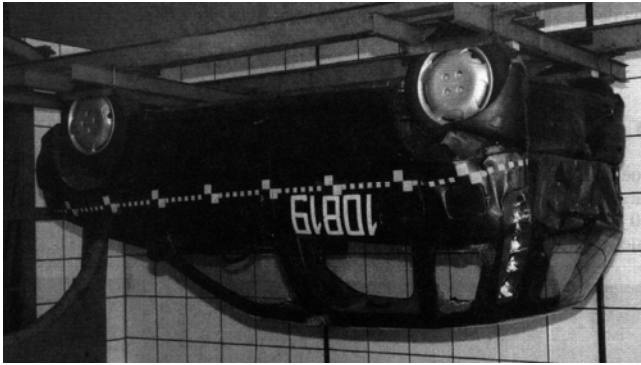


En otras ocasiones el vehículo se somete a una caída libre desde 50 cm. de altura sobre la esquina delantera izquierda del techo. El habitáculo no debe sufrir grandes deformaciones, ni siquiera en este caso. Para disminuir el riesgo de lesiones, es preciso que el techo y los montantes dispongan de una rigidez óptima. Con el fin de mejorar el grado de rigidez del techo, también se efectúa el test estático de aplastamiento que consiste en aplicar una serie de esfuerzos de compresión aplicados sobre los montantes para analizar su resistencia y grado de deformabilidad.

## 5.6. PREVENCIÓN CONTRA EL RIESGO DE INCENDIO

En la actualidad, el elevado número de dispositivos eléctricos/electrónicos y la presión a la que circula el combustible, hacen indispensable un estudio minucioso en la fase de diseño encaminado a reducir los riesgos de incendio del vehículo.

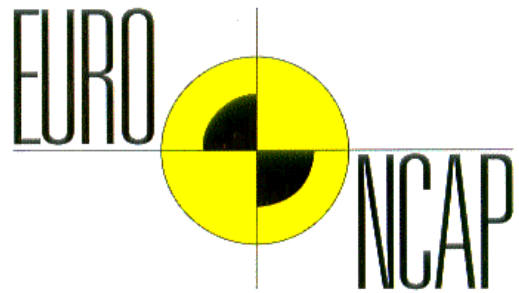
Por ello, algunos fabricantes como Fiat someten a los vehículos que han sufrido



un test de choque, a una prueba de vuelco estático para determinar y eliminar posibles pérdidas de combustible. Además de los fabricantes de vehículos, existen también otras entidades o asociaciones que también realizan test de choque, aunque suelen utilizar valores de referencia distintos.

## 6. EURONCAP

A finales de mayo del 1996 finalizó el primer test con siete coches pequeños de lo que sería EuroNCAP. En noviembre del 1996 se unieron al programa las dos primeras asociaciones, la FIA (Federación Internacional de Automovilismo) y la SNRA (Swedish National Road Administration). Con esta unión, se formó la EuroNCAP e hicieron discurso inaugural en diciembre del 1996. En 1998, EuroNCAP consiguió el estatus legal cuando se convirtió en asociación internacional bajo la ley belga. En febrero del 1997 presentaron los primeros resultados en una conferencia de prensa, seguida de una fuerte desaprobación de los principales constructores por su severo criterio de evaluación y creían imposible que un coche llegara a las 4 estrellas. En julio del 1997 se presentaron el resultado del segundo test y anunció el Volvo S40 como el primer coche en llegar a la catalogación de vehículo con cuatro estrellas EuroNCAP. En 1999 se trasladaron los puntos operacionales del Reino Unido a Bruselas. En junio del 2001, el Renault Laguna fue el primer automóvil en conseguir las 5 estrellas de EuroNCAP para la protección de los ocupantes. EuroNCAP realiza pruebas de seguridad pasiva en automóviles nuevos entregando una clasificación en estrellas basada en el comportamiento del vehículo en pruebas de impacto frontal y lateral. En los últimos años se ha incorporado una prueba de medición de seguridad de niños a bordo, así como de peatones en caso de atropello; ambas se miden también con puntos y en estrellas.



el

La prueba de impacto frontal tipo *off-set* ("descentrado") se realiza a 64 km/h (40 mph) contra una barrera deformable. La prueba de impacto lateral estándar se realiza a 50 km/h (30 mph) contra una barrera móvil. La prueba complementaria de impacto lateral contra un poste para medir la protección de la cabeza del conductor se realiza a 29 km/h (18 mph) moviendo la plataforma sobre la que se sitúa el automóvil contra una bola metálica. Las pruebas de protección de peatones se realizan a 40 km/h (25 mph). La EuroNCAP no realiza pruebas de vuelco ante un accidente. Como no se pueden comparar los resultados de las pruebas de automóviles muy distintos, EuroNCAP define varias categorías:

- *Supermini* ("Automóviles pequeños") - Incluye a turismos del segmento A y del segmento B, y a algunos monovolúmenes, como el Nissan Note, el Peugeot 1007 y el Renault Modus.
- *Small Family Car* ("Automóviles medianos") - Incluye a turismos del segmento C, y a algunos del segmento B, como el Dacia Logan, el Chevrolet Aveo y el Mercedes-Benz Clase A.
- *Large Family Car* ("Automóviles grandes") - Incluye a turismos del segmento D, y a algunos del segmento C, como el Hyundai Elantra, el Škoda Octavia y el Volvo S40.
- *Executive* ("Automóviles de lujo") - Incluye a turismos del segmento E.
- *Small MPV* ("Monovolúmenes medianos") - Incluye a monovolúmenes de los segmentos B y C y a furgonetas pequeñas.
- *Large MPV* ("Monovolúmenes grandes") - Incluye a monovolúmenes del segmento D.
- *Roadster sports* ("Deportivos") - Incluye a automóviles deportivos asequibles con carrocería descapotable.

- *Small Off-Road 4x4* ("Todoterrenos medianos") - Incluye a todoterrenos de los segmentos C y D
- *Large Off-Road 4x4* ("Todoterrenos grandes") - Incluye a todoterrenos de los segmentos D, E y F, y al Jeep Cherokee.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Para la elaboración de este trabajo, se ha recopilado información de los siguientes libros de texto y páginas Web.

MANUAL DE CARROCERÍA. REPARACIÓN.

CESVIMAP, 1.998

ERASE UNA VEZ EL AUTOMÓVIL.

[www.autosclasicos.espaciolatino.com/historias/auto-eraseunavez.htm](http://www.autosclasicos.espaciolatino.com/historias/auto-eraseunavez.htm)

BREVE HISTORIA DEL AUTOMÓVIL.

[www.vehiculoclasico.es/es/historia/breve\\_h/breve\\_historia.htm](http://www.vehiculoclasico.es/es/historia/breve_h/breve_historia.htm)

LOS OLVIDADOS ORÍGENES DEL AUTOMÓVIL.

Revista MUNDO RECAMBIO Nº 64. Octubre, 1.986.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CARROCERÍA.

Revista NUESTROS TALLERES, Nº 226. Julio-Agosto, 1.999.

WWW.ELMUNDO.ES