

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/89669>

This paper must be cited as:

Dols Ruiz, JF. (2010). La Seguridad Pasiva en la Conducción de Vehículos Adaptados. *Securitas Vialis*. 2(5):27-36. <http://hdl.handle.net/10251/89669>



The final publication is available at

Copyright

Additional Information

LA SEGURIDAD PASIVA EN LA CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS ADAPTADOS

Dols, Juan F.

Instituto de Diseño y Fabricación (IDF)
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia (España)
Tel. +34-963877625 email: jdols@mcm.upv.es

RESUMEN

Habitualmente el vehículo privado constituye casi la única alternativa con la que las personas discapacitadas pueden mantener sus condiciones de movilidad y transporte. Este objetivo se puede conseguir con la utilización de un vehículo adaptado a las necesidades y capacidades residuales del usuario. Sin embargo, las ayudas técnicas instaladas en el puesto de conducción no están exentas de cumplir con los principios y requisitos legales de seguridad pasiva que se le exigen al resto de vehículos convencionales. El presente artículo muestra los resultados parciales de un proyecto de investigación desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia (España), cuyo objetivo ha sido la generación de criterios básicos de diseño que permitan optimizar el comportamiento (seguridad pasiva) del vehículo ante diferentes condiciones de impacto. Para ello se han realizado diferentes estudios tendentes a modelar el puesto de conducción adaptado con objeto de simular por ordenador diferentes situaciones de impacto, y se ha llevado a cabo la correlación teórico-experimental del mismo mediante la realización de ensayos estáticos (de explosión del airbag) y dinámicos (de choque en plataforma deceleradora).

Palabras clave: conducción de vehículos, seguridad pasiva, vehículos adaptados

PASSIVE SAFETY IN DRIVING ADAPTED VEHICLES

Dols, Juan F.

Instituto de Diseño y Fabricación (IDF)
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia (España)
Tel. +34-963877625 email: jdols@mcm.upv.es

ABSTRACT

Usually driving a private vehicle is the only way by which disabled drivers can maintain their mobility and transport conditions. This objective can be obtained by means of adapting a vehicle upon the user residual capabilities. Nevertheless the technical aids installed in the vehicle must fulfill the same safety requirements as the standard vehicles. This paper shows partially the results of a research project held at the Technical University of Valencia (Spain) which main objective has been to generate basic design criteria for improving the passive safety behavior of the vehicle under different impact conditions. To do so it have been developed several studies for modeling the adapted driving position in order to run computer simulations that could help us to reproduce different impact conditions. This computer model has been correlated with static (controlled airbag explosion) and dynamic (sled test) experimental testing.

Keywords: fitness to drive, passive safety, adapted vehicles.

1. INTRODUCCION

El acceso y desplazamiento de las Personas de Movilidad Reducida (PMR) a los diferentes sistemas de transporte público y privado se ha convertido durante los últimos años en un aspecto fundamental de las políticas sociales y de movilidad sostenible de todo tipo de administraciones, tanto nacionales como comunitarias. De acuerdo con los datos obtenidos por la Conferencia Europea de Ministros de Transportes (ECMT), se estima que en Europa alrededor de un 15 % de la población en edad de trabajar (entre 16 y 64 años), presenta algún problema de salud de larga duración o discapacidad causado por problemas físicos, mentales o sensoriales, lo que equivaldría a que unos 45 millones de personas (en 2003), no pudieran desplazarse libremente de un lugar a otro para realizar sus actividades diarias (ECMT, 2006). En España alrededor de un 8,5% de la población (3.847.900) presenta algún tipo de discapacidad (INE, 2008). Estos datos se ven agravados por el fenómeno del envejecimiento, que no es exclusivamente europeo, ya que la tendencia en el mundo indica que en los próximos 25 años, entre el 20 y 30% de la población estará por encima de los 65 años (COST, 349).

Habitualmente, debido a la situación geográfica o al entorno socioeconómico, el vehículo privado constituye casi la única alternativa con que cuentan muchas personas de movilidad reducida para poder desplazarse. En España resulta difícil cuantificar la población de conductores discapacitados debido a que, por desgracia, no existe actualmente un censo directo del número de vehículos adaptados, ni en lo que respecta al número de conductores discapacitados ni en lo relativo al parque de vehículos adaptados. No obstante, indirectamente se pueden cuantificar estos datos a partir de fuentes más imprecisas. De este modo se puede llegar a establecer que en 2006, donde el número total de licencias era de 24.143.483, el porcentaje de conductores con restricciones y/o adaptaciones en el vehículo alcanzaba aproximadamente un 3,1%, lo que se traducía en unos 750.000 usuarios que conducían vehículos adaptados con algún tipo de modificación o restricción (Dols, 2009).

Por otra parte, la determinación del número de vehículos adaptados en España

presenta serias dificultades a la hora de utilizar fuentes de información fiables. Ello es debido a que ni las administraciones dependientes del Ministerio de Industria en materia de homologación de tipo de vehículos, ni en lo concerniente a la inspección técnica posterior, presentan un registro detallado y centralizado, de los vehículos que, ya sea por su homologación o su revisión técnica, llevan incorporadas algún tipo de ayudas técnicas a la conducción. Tampoco la administración relacionada con el diseño de infraestructuras (Ministerio de Fomento), o los servicios de investigación estadística (Instituto Nacional de Estadística), han registrado este tipo de información en sus bases de datos. Este vacío informativo se acrecienta por el hecho de que la poca información disponible, si existe, está descentralizada en cada una de las CC.AA.

A pesar de todo, a partir de las exenciones en el Impuesto Especial sobre determinados medios de transporte, se pueden conocer de forma tentativa el número de matriculaciones de vehículos destinados al uso de minusválidos (Orden Ministerial *EHA/3851/2007 de 26 de diciembre*). En 2006, el porcentaje de vehículos adaptados que habían solicitado una exención o reducción del impuesto de matriculación era del 4,14%, que respecto al número de vehículos de turismo de que disponía el parque automovilístico español a finales de 2007, que ascendía a 21.760.174 unidades (ANFAC, 2008; DGT, 2008), suponía un número total de vehículos adaptados que estaría alrededor de las **900.000** unidades (Dols, 2009).

1.1. Seguridad pasiva vs. Vehículos adaptados. Antecedentes

El término **seguridad pasiva** en relación al diseño de un automóvil se refiere a la capacidad del mismo para proteger a sus ocupantes de los posibles daños sufridos durante una colisión o impacto, y en ese contexto define las características técnicas de dispositivos como los cinturones de seguridad, pretensores pirotécnicos, airbags, carrocería, etc. Es ésta un área de desarrollo que ha crecido y evolucionado muy rápidamente en los últimos años, sobre todo, por la aparición de leyes y reglamentos cada vez más restrictivos, cuyo objeto no es otro que intentar reducir los índices de siniestralidad vial, cuyos costes sociales (materiales y en vidas humanas) tienen que ser asumidos por las diferentes administraciones (ERSO, 2007; ETSC, 2008). La primera causa

de daños durante un impacto se produce cuando el cuerpo de los ocupantes es lanzado contra las diferentes partes interiores del habitáculo. Así, sea cual sea el tipo de vehículo y conductor que lo utiliza, discapacitado físico o no, las condiciones de seguridad (pasiva) deben tener en cuenta durante la fase de diseño algunas premisas, como por ejemplo, que se maximicen las distancias de parada de los ocupantes, que se minimicen las fuerzas aplicadas sobre éstos, que las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo humano tengan lugar en las zonas de mayor resistencia y que se tengan en cuenta las tolerancias de daños en las diferentes partes del cuerpo humano.

Debido a que un accidente puede ocurrir en décimas de segundo, y que los ocupantes de un vehículo necesitan un espacio mínimo de seguridad, en el cual el cuerpo pueda decelerarse adecuadamente, resulta evidente que la existencia de algunas adaptaciones de mandos montadas sobre el volante o alrededor del mismo pueden suponer la presencia de objetos duros con los que el conductor puede chocar al estar dentro de su zona de alcance en caso de impacto, así como de mecanismos o dispositivos que pueden interferir en el funcionamiento de los sistemas de seguridad originales ya existentes (p.e. airbags), disminuyendo así su eficacia.

Numerosos estudios han demostrado que el rango de desplazamiento de la cabeza y el pecho del conductor de un vehículo durante un impacto frontal, se desplaza hacia delante hasta llegar a golpear el volante, incluso aunque se utilicen diferentes sistemas de retención (Mitzkus et al., 1984). Si además, el volante lleva incorporados sistemas de ayuda a la conducción (pomos, horquillas, unidades de telecomando, etc.), el riesgo potencial de daños se incrementa sustancialmente (Dols et al., 2000b). Durante la década de los 90 se desarrollaron varios estudios relacionados con el comportamiento del airbag y la influencia que su explosión produce sobre el conductor en caso de que el volante esté equipado con ayudas técnicas a la conducción. Uno de los primeros trabajos fue desarrollado en 1992 por Dalrymple (1996), y en el mismo se analizó la interacción entre los sistemas de ayuda a la conducción montados en el volante (pomos, horquillas, empuñaduras anatómicas de 1 a 3 pivotes, etc.), respecto al proceso de inflado del airbag. Los resultados de los ensayos estáticos realizados con siete dispositivos montados sobre el volante y

dos posiciones del conductor (maniquí de 50% de percentil), mostraron algunas pautas a seguir en el tipo de montaje de las ayudas técnicas sobre el volante, la posición del conductor en el puesto de conducción, los tipos de adaptaciones más desfavorables respecto al inflado del airbag (que resultó ser el pomo de tres puntas), y las que menos afectan a su despliegue (pomos simples), etc.

Este trabajo fue complementado por otro posterior realizado por Pilkey, Thacker y Shaw (1996) donde se llevaron a cabo 24 ensayos dinámicos con plataforma deceleradora a 48 km/h. Los ensayos se desarrollaron con un maniquí Hybrid III 50% sujeto sólo, en algunos casos, por los cinturones de seguridad, y en otros combinando cinturones y airbags. Los vehículos estaban equipados con el mismo tipo de ayudas a la conducción antes mencionados. Los resultados demostraron que la presencia de ayudas a la conducción no afectaba a la capacidad del airbag para proteger al conductor en caso de impacto. Tanto las aceleraciones de la cabeza como del pecho y las cargas sobre el fémur no se vieron influidas por la presencia de ayudas técnicas en el volante.

En una segunda fase de este estudio, desarrollada también por Pilkey, Thacker y Shaw en 1997, se comprobó el comportamiento del pomo más desfavorable, el de tres puntas, durante la fase de expansión del airbag, pero en este caso con 7 modelos diferentes de airbag. Los modelos de airbag, de unos 60 litros de capacidad, presentaban una agresividad de explosión diferente, variando desde los 6 kPa/ms del airbag del modelo Honda Civic, hasta los 11 kPa/ms del Mercury Marquis de 1991 y el Mercury Sable de 1994. Sobre el pomo de tres puntas se instaló una célula de carga para medir la fuerza normal aplicada sobre el mismo durante la explosión del airbag. Los resultados de los ensayos mostraron que la máxima fuerza ejercida por el airbag sobre el pomo fue de 2103 N. Durante los ensayos no se produjo la rotura o desgarró de la bolsa, y su inflado, aunque un poco diferente en los primeros 10-25 mseg., no difería mucho del comportamiento observado en otros ensayos convencionales.

Conscientes los autores de estos trabajos de que el riesgo de daños que estas ayudas técnicas montadas sobre el volante podían causar sobre el conductor en caso de que éste no estuviera utilizando el cinturón de seguridad o el airbag no fuera suficientemente efectivo, se desarrollaron otro tipo de ensayos

dinámicos en los que se utilizó un péndulo para simular el impacto que sobre el conductor producía un pomo montado en el volante. Los ensayos con péndulo se dividieron en dos fases. En una primera se ajustaron los parámetros del ensayo mediante la realización de 11 pruebas que permitieron graduar la velocidad de impacto y la masa efectiva, y en las que se utilizó un maniquí Hybrid III. En la segunda batería se utilizó un cadáver representativo de un varón caucásico de 44 años, con un percentil lo más próximo posible al 50 % y sin antecedentes de sufrir ningún daño previo en la cavidad torácica. Tanto el maniquí como el cadáver fueron suspendidos de una eslinga para simular su estado sedente, y ambos sometidos a la fuerza aplicada por el pomo (montado sobre un volante) que actuaba al soltar el péndulo desde una determinada altura. Las fuerzas medias resultantes calculadas después del golpe del pomo sobre la cavidad torácica alcanzaron 1223 N en el caso del cadáver, y 2472 N en el maniquí. Los resultados concluyeron que los daños causados por algunas ayudas a la conducción basadas en pomos de 2 y 3 puntas montados en el volante, podían producir fuerzas de contacto suficientes como para romper costillas y causar daños faciales sobre el conductor, en caso de producirse un impacto frontal y el usuario no utilizar el cinturón de seguridad.

El presente artículo muestra algunos resultados de un proyecto de investigación desarrollado entre los años 2006-2008 en el Laboratorio de Automóviles de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), adscrito al Instituto de Diseño y Fabricación (IDF), financiado parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Proyecto TRA2005-08649), cuyo objetivo principal consistía en la **generación de criterios básicos de diseño para la optimización de la seguridad pasiva de los vehículos adaptados a conductores con discapacidad**. Este proyecto ampliaba las investigaciones previas realizadas por Dalrymple (1996), y Pilkey, Thacker y Shaw (1996, 1998), ya que en el mismo se actualizaba tanto el número y tipo de adaptaciones de mandos sobre los que se verificaba el cumplimiento de los principios de seguridad pasiva (incluyendo no sólo aquellas ayudas técnicas a la conducción, sino también palancas manuales de aceleración y frenado combinados), como el número y tipo de sistemas de retención del conductor incorporados al vehículo (airbag frontales de volante y rodillas). Para la

consecución del objetivo principal, se llevaron a cabo una serie de estudios parciales, entre los que destacan:

- El análisis dimensional y ergonómico del habitáculo de seguridad de los vehículos adaptados y su interacción con los sistemas de seguridad pasiva originales del mismo.
- El modelado del puesto de conducción adaptado para la generación de un modelo de comportamiento dinámico que permitía simular por ordenador diferentes situaciones de riesgo asociadas a la conducción.
- El análisis del comportamiento estructural de las adaptaciones de mandos ante la aplicación de fuerzas y pares representativos de la conducción de vehículos adaptados.
- La validación experimental, estática y dinámica, del modelo de simulación propuesto y los materiales utilizados en las adaptaciones.

2. METODOLOGIA

La metodología utilizada para analizar la influencia de las adaptaciones de mandos en la seguridad pasiva del conductor consistió en el modelado por ordenador de las tipologías más desfavorables (figura 1), que conjuntamente con el modelado del resto de elementos del puesto de conducción (volante, asiento, salpicadero, sistemas de retención, etc.), y de los parámetros de la simulación dinámica (características resistentes de los materiales, las superficies de contacto, modelos de expansión de gases, forma de plegado del airbag, etc.), permitió definir el conjunto de sistemas y componentes que se utilizaron en el software de simulación de impactos ETA/VPG. Las adaptaciones seleccionadas (pomo convencional, pomo con telecomando, empuñadura de horquilla de 3 puntas y acelerador concéntrico) se eligieron de entre las más representativas del mercado. La posición de las adaptaciones en el volante se eligió entre las más utilizadas por los conductores discapacitados.

FIGURA 1

Se realizaron diferentes baterías de simulaciones de impactos que ayudaron a identificar las ayudas más desfavorables, tanto desde el punto de vista del desplegado del airbag como de su interacción con las ayudas técnicas montadas sobre el volante. La figura 2 muestra una secuencia de la simulación de la expansión de un airbag en un volante que lleva montado un pomo simple. Para la validación teórico-experimental del modelo implementado se utilizaron tanto los resultados obtenidos en los ensayos estáticos como los resultados de la batería de ensayos de impactos dinámicos (no mostrados en el presente artículo).

FIGURA 2

Los ensayos estáticos de explosión de los airbags frontales tuvieron lugar en la *Unidad Técnica de Ensayos de Airbag del CEVACO-IDF*, perteneciente a la Universidad Politécnica de Valencia (España). Se utilizaron volantes de los modelos de vehículos Seat León y Fiat Punto, con airbags de 35 litros de capacidad. La figura 3 muestra un ejemplo de la configuración de ensayo y dos tipos de ayudas a la conducción utilizados en la batería de pruebas.

FIGURA 3

La estructura soporte permite colocar el volante en la posición habitual de un

vehículo. Los volantes utilizados tenían un diámetro medio de 340 mm y un espesor del aro de 30 mm. El módulo del airbag contenía la bolsa, el generador de gas y el conector eléctrico. Una cámara de alta velocidad de la marca Photron captó las imágenes de la explosión con una frecuencia máxima de 3000 fotogramas por segundo, y una resolución 512 x 512 píxeles. Los datos de cada ensayo de explosión del airbag fueron grabados con la cámara de alta velocidad desde la posición frontal y lateral. La explosión fue analizada en cada caso en el que se montaron adaptaciones, y se comparó su comportamiento con el de control. Se midieron el área y el desplazamiento del airbag con la cámara en posición lateral, y mediante la utilización de un software de análisis de imágenes de video, se analizó ésta fotograma a fotograma para medir los tiempos de inicio y final de la expansión del airbag.

A partir de los datos obtenidos, se utilizó como criterio favorable aquellos casos en los que el inflado de la bolsa de aire se realizaba en el tiempo previsto, aproximadamente unos 35-40 mseg. como máximo, proceso durante el cual la bolsa debía hincharse completamente sin romperse ni rasgarse al entrar en contacto con las adaptaciones. Si no se cumplían estos criterios, se consideraba el comportamiento del airbag como desfavorable. En el caso de las adaptaciones de mandos, el resultado era favorable cuando éstas no se rompían de forma que los fragmentos pudieran ser lanzados contra el conductor, o que en caso de producirse la deformación de la pieza, su posición final no resultara perjudicial si el conductor llegara a entrar en contacto con la misma. Si no se cumplían estas dos condiciones simultáneamente se considera como comportamiento desfavorable.

3. RESULTADOS

Los primeros ensayos de control realizados permitieron validar los modelos matemáticos desarrollados por el programa de simulación de impactos, dando a estos la posibilidad de plantear un mayor número de configuraciones, imposibles de realizar experimentalmente. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla 1. La figura 4 presenta una imagen comparativa entre la explosión controlada de un airbag que interacciona con un pomo de tres puntas, y la simulación por ordenador del proceso de expansión. La figura 5 muestra asimismo un ejemplo de la secuencia de explosión obtenida en un

volante equipado con un pomo de 3 puntas (utilizado por tetrapléjicos), donde se observa la forma de despliegue de la bolsa de aire y su comportamiento alrededor de la adaptación.

TABLA 1

FIGURA 4

FIGURA 5

4. DISCUSION

Los resultados obtenidos demuestran que en caso de utilizar adaptaciones con un pomo simple en el volante, aunque éste lleve incorporado un sistema de telecomando por infrarrojos, no se produce interferencia importante con el airbag en su movimiento de expansión. El airbag envuelve a la adaptación en su totalidad llegando a hincharse totalmente sin rasgarse ni romperse. El tiempo de llenado es ligeramente mayor (≈ 40 mseg) al habitual (25 mseg), pero dentro de los márgenes permitidos para que el conductor encuentre la bolsa de airbag totalmente hinchada cuando llegue a contactar con ella. En cuanto al comportamiento de las adaptaciones, en el caso 1 (pomo con telecomando de Brian Page), el mando no se mueve de su posición original y el único daño que sufre es el de la tapa posterior de la unidad de infrarrojos, que salta de su posición pero hacia la parte trasera del volante. En el caso 4, donde se ensayó el pomo con telecomando de Guidosimplex (mod. D99), la adaptación, durante la fase de expansión de la bolsa de airbag, es obligada a plegarse alrededor de

la articulación que sujeta al anclaje al volante. La adaptación quedó totalmente plegada pero no se rompió ninguna pieza, por lo que en el hipotético contacto del ocupante con el airbag, la adaptación no interferiría de ningún modo con el mismo.

En el caso de un pomo de tres puntas se obtuvieron diferentes tipos de comportamiento. En los casos 2 y 3 se ensayaron el pomo de tres puntas para tetrapléjicos de la marca Guidosimplex (mod. D-2003E), con el que se realizaron dos ensayos, en el primero (caso 2) se observó su comportamiento desde una vista lateral, y en el segundo (caso 3) se realizó la grabación desde una vista frontal. En este caso, el airbag se comportó envolviendo a la adaptación durante el proceso de hinchado, sin llegar a romperse ni rasgarse. El tiempo de llenado fue ligeramente elevado (41 mseg.), pero considerado aceptable dentro de los parámetros tomados como referencia. En cuanto a la adaptación, el airbag obligó al pomo a girar alrededor del volante pero sin desprenderse del mismo, lo que fue considerado como un comportamiento aceptable.

Por otro lado, en el caso 5 se ensayó un pomo de tres puntas del fabricante Kivi, cuyo comportamiento final fue considerado como no aceptable. Por la forma del pomo y su interacción con el desplegado del airbag, el tiempo de llenado de éste fue de 52 mseg., bastante mayor que los límites marcados como de referencia (40 mseg), ya que comprometía la eficacia del airbag con un tiempo de llenado tan elevado. Aunque el airbag no se rompió ni rasgó durante el proceso de llenado, se le consideró como comportamiento desfavorable. En cuanto a la adaptación, se produjo la rotura de la base del pivote más grande cuando la bolsa choca con ella al expandirse. Los trozos de la misma fueron lanzados en la dirección del conductor pudiendo causarle daños importantes. Su comportamiento fue considerado como desfavorable.

Finalmente el comportamiento de las adaptaciones de acelerador de aro concéntrico, instalado por encima del volante, fue distinto en función de las dimensiones (diámetro) del mismo. En el caso 6 se ensayó un acelerador mecánico de la marca Guidosimplex (mod. D-906B). El tiempo total de llenado de la bolsa de aire fue de 51 mseg, mayor de lo permitido, lo que fue considerado como no aceptable, aunque no se produjo ni la rotura ni el rasgado

del mismo. En cuanto a la adaptación, el aro concéntrico quedó totalmente doblado por su parte inferior y por su parte superior, sin que ninguna de estas piezas llegara a romperse ni desprenderse. Por tanto, su comportamiento fue considerado como favorable.

Finalmente, en el caso 7 nos encontramos con un caso típico de adaptación cuyo comportamiento es inaceptable desde todos los puntos de vista. Se trataba de un acelerador electrónico de aro concéntrico de la marca Guidosimplex (mod. D-906GV). La figura 6 muestra una imagen de como quedó la adaptación enganchada con la bolsa del airbag. A pesar de que la bolsa de aire se llenaba completamente, sin romperse ni rasgarse en la expansión, su comportamiento final se vio seriamente comprometido, más aún cuando el tiempo total de llenado se alargaba hasta los 57 mseg, totalmente inaceptable. Desde el punto de vista de la adaptación, ésta quedó totalmente rota por su parte inferior, con una deformación considerable (llega a situarse en posición horizontal, perpendicular respecto a su instalación original), aunque sin llegar a la rotura. Los anclajes de la misma también se deformaron completamente como consecuencia del movimiento forzado por el airbag. Su comportamiento se considera como desfavorable porque, aunque sin lanzamiento de piezas contra el conductor, su posición final podía provocar daños sobre el usuario en caso de que llegara a contactar con ésta durante el choque. Se recomienda por tanto un mayor diámetro interior del aro concéntrico del acelerador para dejar espacio suficiente a que la bolsa del airbag se expanda correctamente. Se considera este diámetro mínimo debe ser de unos 30 cm (15 cm de radio) como mínimo.

FIGURA 6

5. CONCLUSIONES

Una de las primeras conclusiones a las que se puede llegar después de analizar el comportamiento ante impactos (frontales) de diferentes tipologías de ayudas técnicas montadas en vehículos, es la carencia de normas y recomendaciones de carácter oficial, tanto de administraciones como de organizaciones sociales, que permitan establecer mínimamente algún principio de diseño en relación a las condiciones de seguridad pasiva en vehículos adaptados. Precisamente, el presente trabajo ha tratado de aportar algo de luz al problema, proponiendo algunos principios de seguridad de fácil aplicación. Proponemos, en función del sistema de retención del ocupante con el que van a interactuar las adaptaciones, los siguientes principios de seguridad:

- a. *En relación al diseño de las ayudas técnicas que interactúan con el airbag del volante:*
 - i. Las ayudas técnicas montadas en el volante deben permanecer unidas al mismo, aún en el caso de que explote el airbag. El anclaje debe permitir el giro de la adaptación sobre el volante.
 - ii. El inflado de la bolsa de aire debe realizarse en su totalidad y sin que se produzcan roturas o desgarros de la tela al rozar con las ayudas técnicas. El tiempo máximo de llenado de la bolsa de airbag no debería exceder los 40 milisegundos.
 - iii. Los materiales con que se fabriquen las adaptaciones montadas sobre el volante debe soportar cargas axiales de hasta 200 N, antes de deformarse con la fuerza de contacto.
 - iv. La fuerza resistente lateral del pomo o ayuda montada sobre el volante debe ser como mínimo de 120 N.
 - v. Las ayudas técnicas del tipo aro concéntrico deben tener un diámetro interior mínimo de 300 mm para evitar su interacción con el airbag en la fase de expansión. Así mismo, la abertura mínima entre el aro concéntrico y el volante para permitir el paso de los dedos debe ser, al menos, de 115 mm.
- b. *En relación al diseño de ayudas técnicas que interactúan con el airbag de*

rodillas

- i. Las ayudas técnicas que dispongan de un sistema de accionamiento que pase por debajo del volante deberán ubicar su varillaje en un lateral del puesto de conducción.
- ii. El material del varillaje mecánico de las adaptaciones que tengan que actuar sobre los pedales desde las palancas manuales, deberá ser tal que evite la acción de fuerzas de laceración y compresión excesivas sobre las extremidades del conductor. El coeficiente de rotura del varillaje mecánico debe elegirse para que las piezas de accionamiento puedan romperse sin causar daños sobre los usuarios en caso de impacto, pero con una resistencia que permita el accionamiento del mismo en condiciones normales de conducción.
- iii. Para las ayudas técnicas que van a interaccionar con el airbag de rodillas, se recomienda la realización de un ensayo dinámico específico para cada modelo de vehículo en que se vaya a utilizar.

6. REFERENCIAS

- ANFAC (2008). *Annual Report 2007*. Asociación Española de Fabricantes de automóviles y Camiones.
- COST 349. (2006). *Accessibility of Coaches and Long Distance Buses for People with Reduced Mobility. Final Scientific Report*. Directorate General for Transport. European Commission. Brussels, Belgium.
- Dalrymple, G. (1996). *Effects of Assistive Steering Devices on Air Bag Deployment*. Society of Automotive Engineers. SAE Paper 960223. Detroit, MI (USA).
- DGT. (2008). *Anuario Estadístico provisional*. Dirección General de Tráfico. Ministerio de Interior. (www.dgt.es).
- Dols, J.; García, O.; Font, J.; Sánchez, S. (1999). *Evaluation of Injury Risks in Vehicles Adapted to be Driven by Handicapped People*. EAEC '99. European Automotive Congress. Vehicle Systems Technology for the Next Century. Barcelona-Spain.
- Dols, J.F.; Ordeig, I.; Zafra, J.M.; Pardo, J. (2000). *Analysis of Driving Critical Manoeuvres of Disabled People Based on Simulator Tests*. ISATA 2000. International Symposium on Automotive Technology and Automation. Conference on Safety-Crashworthiness, Mobility and Occupant Safety. Paper 00SAF027. Dublin, Ireland.
- Dols, J. (2009). *Conducción y Seguridad Vial de Vehículos Adaptados*. Ed. Springer-ETRASA. ISBN 978-84-96105-89-8. Madrid.
- ECMT. (2006). *Improving Transport Accessibility for All*. European Conference of Ministers of Transport. OECD Publications Service. París. France.

- European Road Safety Observatory (ERSO) (2007). *Annual Statistical Report 2007*. Brussels.
- European Transport Safety Council (ETSC). (2008). *Countdown to 2010. Only two more years to act!*. 2nd Road Safety PIN Report. Brussels.
- INE. (2008). *Encuesta sobre Discapacidad, Autonomía Personal y situaciones de Dependencia (EDAD). Metodología*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid, España.
- Masiá, J.; Eixerés, B.; Dols, J. (2009). *Models for Airbag Simulation in Vehicles Adapted for Disabled Drivers*. Selected Proceedings from the 12th International Congress on Project Engineering. AEIPRO. ISBN-13: 978-84-613-3557-2. Zaragoza, Spain.
- Mitzkus, J.; Eyraimer, H. (1984). *Three-Point Belt Improvements for Increased Occupant Protection*. SAE Paper 840395. SAE International Congress and Exposition. USA.
- Pilkey, W.D.; Thacker, J. and Shaw, G. (1996). *Airbag interaction with and Injury potential from Common Steering Control Devices*. Final Project Report DOT-HS-808-580. National Highway Safety Administration. Washington, D.C. USA.
- Pilkey, W.D.; Thacker, J. and Shaw, G. (1998). *Airbag interaction with and Injury potential from Common Steering Control Devices. Phase II Report*. Contract No. DTRS 57-93-C-00105 for the National Highway Safety Administration. Washington, D.C. USA.



*Figura 1. Modelado de algunos sistemas de ayuda a la conducción analizados
(Fuente: Masiá, Eixerés y Dols, 2009).*

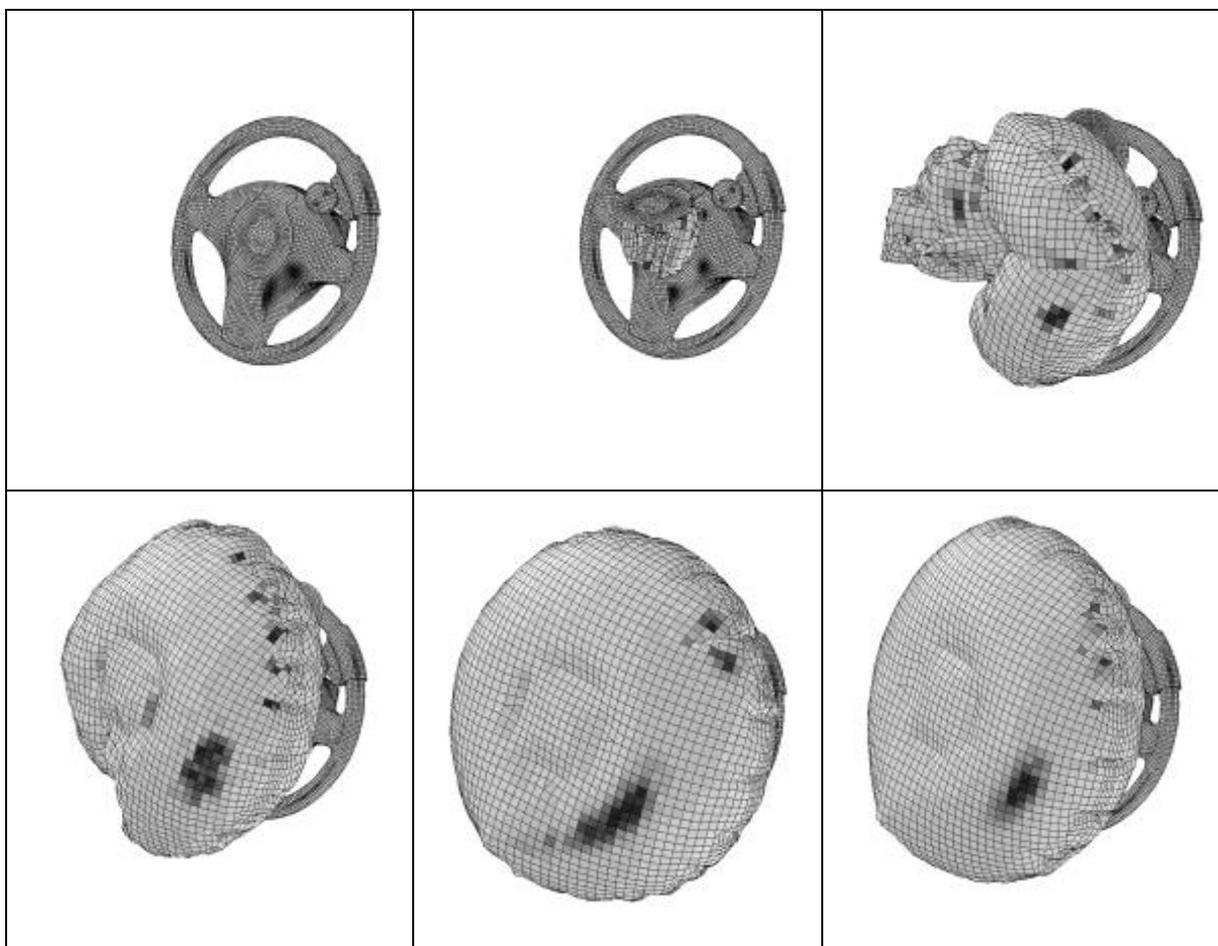


Figura 2. Ejemplo de la explosión de un airbag en un volante que incorpora un pomo simple (Fuente: Masiá, Eixerés y Dols, 2009).



Figura 3. Configuración de ensayo en la Unidad Técnica de Ensayos de Airbags (UTEA) del IDF-UPV. Izquierda: horquilla de 3 puntas. Derecha: acelerador de aro concéntrico (Fuente: IDF-UPV, 2009).

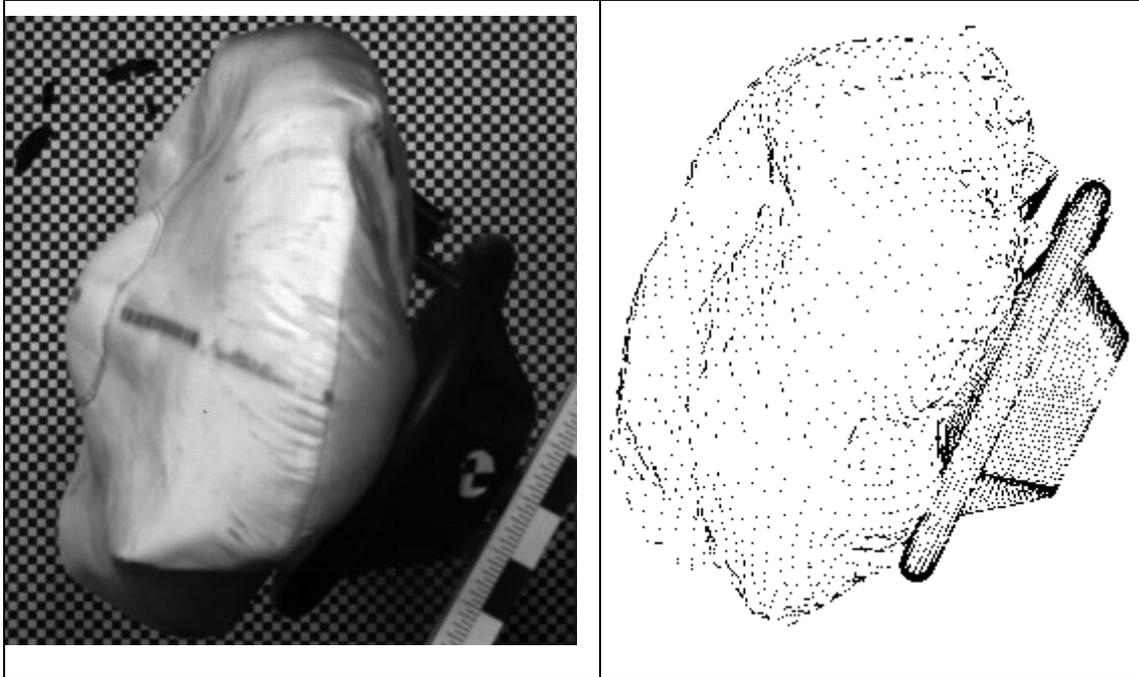


Figura 4. Comparación entre el comportamiento de una simulación por ordenador y el ensayo estático de explosión del airbag cuando se utiliza un pomo de tres puntas (Fuente: IDF-UPV, 2009).

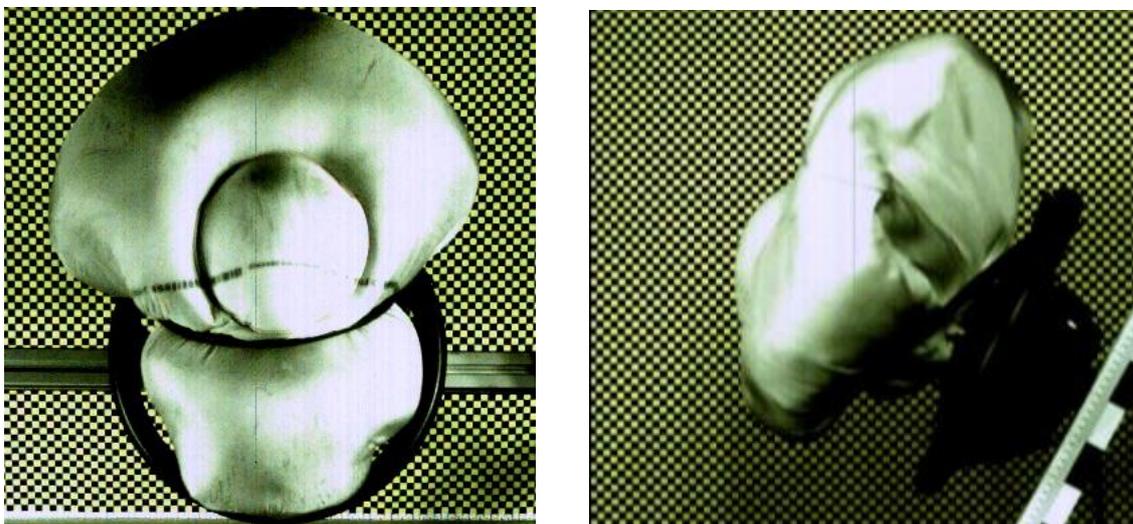


Figura 6. Vista del comportamiento de un acelerador de aro concéntrico cuando se produce la expansión del airbag (Fuente: IDF-UPV, 2009).

Ensayo N°	Modelo vehículo airbag	Tipo de adaptación (Fabricante y modelo)	Duración inflado airbag (mseg.)	Resultado del ensayo (sobre el Airbag)	Resultado del ensayo (sobre las Adaptaciones)
1	FIAT Punto	Pomo con telecomando IR de Brian Page	40	FAVORABLE	FAVORABLE
2	SEAT León	Pomo de 3 puntas de	41	FAVORABLE	FAVORABLE
3	SEAT León	Guidosimplex D-2003E		FAVORABLE	FAVORABLE
4	SEAT León	Pomo con telecomando IR Guidosimplex D99	39	FAVORABLE	FAVORABLE
5	SEAT León	Pomo de 3 puntas KIVI Triple vástago	52	DESFAVORABLE	DESFAVORABLE
6	SEAT León	Acelerador mecánico de aro concéntrico Guidosimplex D906-B	51	DESFAVORABLE	FAVORABLE
7	SEAT León	Acelerador electrónico de aro concéntrico Guidosimplex D906-GV	57	DESFAVORABLE	DESFAVORABLE

Tabla 1. Resultados obtenidos en la batería de ensayos estáticos de explosión de airbags con ayudas en el volante.