

Rafa Arnalte Porcar
sistema de retencion infantil integrado
facultad de enseñanza tecnica superior

UNIVERSIDAD CEU CARDENAL HERRERA
FACULTADA DE ENSEÑANZA TÉCNICA SUPERIOR
MASTER EN INGENIERÍA DEL DISEÑO 2009-10

SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL INTEGRADO.

RAFA ARNALTE PORCAR

Alfara 1 de Julio del 2010

Director del proyecto Joaquin Garcia, Proyecto de desarrolló de producto.



CEU
*Universidad
San Pablo*

1.- Objetivos del Proyecto.

2.- Antecedentes.

2.1- Investigación sobre Sistemas de Retención Infantil (SRI).

2.2- Investigación Asientos de Autocares.

2.3- Soluciones del Mercado.

2.4- Otros Asientos.

2.5- Investigación de Campo

2.6- Conclusiones de la Investigación.

3.- Limitaciones y Condicionantes.

3.1- Limitaciones por Normativa.

3.2- Limitaciones Ergonómicas.

3.3- Limitaciones Técnicas del Asiento

3.3- Características y condicionantes.

4.- Estudio de Alternativas.

4.1- Descripción de los conceptos.

4.2- Criterios de selección.

5.- Descripción de la solución.

6.- Justificación de la solución.

7.- Planificación proceso de Desarrollo.

8.- Modelos Matemáticos.

9.- Entregables.

10.- Bibliografía y Anexos.

1.-Objetivos del Proyecto

Se pretende diseñar un asiento con un sistema de retención infantil integrado (S.R.I.i), para ser utilizados en vehículos de transporte escolar, cuyos usuarios sean niños de entre 3 y 10 años, así como personas adultas, puesto que en la Unión Europea, esto autocares también realizan trayectos como servicio discrecional.

El nuevo diseño de este producto, no sólo pretende cumplir con las limitaciones de confort y seguridad exigible por la directiva europea en el mercado, sino también, ser un aporte innovador en el diseño de un asiento adaptado, atractivo y divertido para el público infantil.

2.- Antecedentes.

Este apartado, tiene como objeto tipo presentar la investigación llevada a cabo sobre los distintos productos que se encuentran en el mercado y, que tienen una relación directa con el producto que se pretende diseñar, así como también, exponer las soluciones de butacas que el mercado ofrece para el transporte escolar de niños y otras propuestas que encajan con el perfil del producto a diseñar.



2.1- Investigación sobre Sistemas de Retención Infantil.(S.R.I).

Los S.R.I, son la plataforma de partida para crear un nuevo diseño de asientos como el que se pretende desarrollar, ya que son obligatorios para el transporte de niños entre 3 y 10 años en los automóviles, por lo que a partir de ellos, se ha realizado el estudio.

Estos productos se clasifican según el peso y edad del usuario, encontrando dentro del mercado 4 grupos:

Grupo 0 niños de entre 0 y 13 Kg, hasta 9 meses.

Grupo 1 niños de entre 9 y 18 kg, de 9 meses a 3 años.

Grupo 2 niños de entre 15 y 25 Kg, de 3 a 6 años.

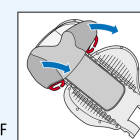
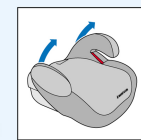
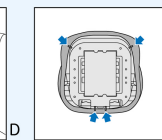
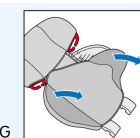
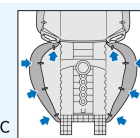
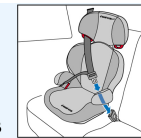
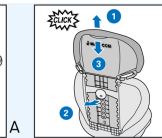
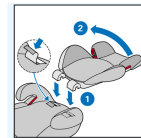
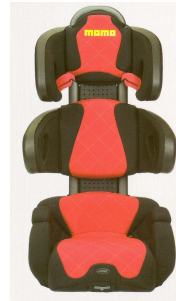
Grupo 3 niños de entre 22 y 36 kg, de 6 a 10 años.

Para el desarrollo de este proyecto, y debido a que la edad de escolarización comienza a partir de los 3 años, no se han tenido en cuenta los SRI del grupo 0, puesto que, aunque en ocasiones los usuarios de estos autocares pueden ir acompañados de un niño menor de 3 años, éste no estaría dentro del marco de desarrollo del producto.

Dentro de estos tres grupos, se pueden encontrar infinidad de soluciones orientadas a los distintos segmentos, en los que se refiere a formas y acabados, pero todas ellas tienen la cualidad en común de sujetar al pasajero mediante arneses manteniéndole en continuo contacto con el asiento, además de otras soluciones que pueden ser usadas por los tres grupos, dado que se adaptan a las necesidades ergonómicas y de seguridad del niño, y que hacen que sean productos con un largo ciclo de vida.

A continuación, se presentan las principales marcas que se pueden encontrar en el mercado y los productos más significativos de su catálogo.





Como se puede ver en los anteriores ejemplos de S.R.I, todos estos asientos cuentan con una estructura base, la cual se ancla al vehículo impidiendo la eyección de la silla y protegiendo al ocupante.

Uno de los principales impedimentos para la instalación de estos asientos en los autocares, es el mismo que se presenta en los automóviles, y se refiere al tiempo y maniobrabilidad que se debe invertir para su correcta colocación.

Cabe destacar que, la estructura base está envuelta por un acolchado recubierto y dotada de unos cinturones de seguridad, que mantienen al niño, en todo momento, en contacto con la silla con el fin de evitar posibles lesiones físicas, en caso de accidentes.

El recubrimiento de los acolchados, se fabrica en telas altamente resistentes y permite la transpiración y el confort necesarios para ser utilizados en largos recorridos. Estos recubrimientos ofrecen además, la posibilidad de ser retirados de la estructura base para ser cambiados o lavados con facilidad.

El material con el que está fabricado -en la mayoría de los casos- la estructura de los asientos, es de ABS. Este material tiene como principal característica la posibilidad de absorber fuertes impactos, disminuyendo así, una posible deformación.

EL producto a diseñar tendrá que cumplir la necesidad de adaptabilidad al usuario, facilidad de uso y que no suponga una alta carga de tiempo en su utilización.



2.2- Investigación Asientos de Autocares.

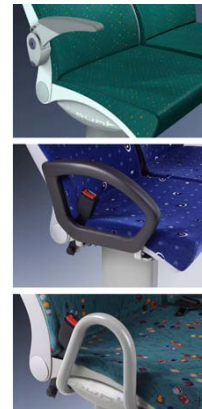
En la actualidad, y haciendo una comparativa entre dos fabricantes de asientos para autobuses y autocares, no se encuentran grandes diferencias entre un fabricante y otro, tan solo en ocasiones introducen mejoras en los componentes del asiento, pero no en lo que se refiere a la forma, pues los asientos actuales no son muy distintos de los que ofrecía el mercado hace 30 años. Sin embargo, es posible observar ciertos cambios en los materiales y acabados, que dan cuenta de una evolución en cuanto a resistencia y confort.

En los asientos actuales, se han introducido mejoras relacionadas con la seguridad y bienestar de los pasajeros, puesto que debido a directivas, los fabricantes han introducido los cinturones de dos puntos, los cuales no son del todo aptos para los escolares, dado que pueden llegar a impactar con el asiento anterior en un accidente o alguna maniobra que obligue a detener de forma repentina el autocar. Esta inadaptabilidad, se debe principalmente a que el torso del ocupante no queda sujeto al asiento, lo que puede producir lesiones tanto en la espalda como en el cuello.

Las características de los asientos de autobuses son:

- La posibilidad de reclinar el asiento, lo que permite al usuario el ajuste de este a sus necesidades.
- La utilización de materiales resistentes al paso del tiempo, lo que proporciona seguridad y confortabilidad
- La posibilidad de guardar cosas en la parte trasera y utilización de una bandeja, en algunas ocasiones.

A continuación se muestran los principales modelos de los fabricantes FAINSA (Español) y VOGELSITZE (Alemán):





Los elementos de unión a la estructura del autocar además de los reposabrazos, no han sido analizados para este proyecto, puesto que no se pretende actuar sobre ellos. Sin embargo, en un desarrollo posterior tendrían que ser considerados.



Como se puede apreciar en los anteriores ejemplos, en casi todos los modelos existe un diseño formal bastante parecido. Sin embargo, en lo que concierne a materiales, existe variación en los que son utilizados para definir ciertas partes del asiento, como la que se utiliza de apoyo central del cuerpo y los laterales envolventes. En cuanto a la seguridad, todas coinciden en la utilización del cinturón de 2 puntos, principalmente dirigido al usuario adulto. El asiento que se pretende diseñar, tiene que cumplir todas las características que definen a los asientos anteriormente señalados, así como la premisa de considerar su utilización por escolares de entre 3 y 10 años, sin interferir en lo que se refiere a sistemas de anclaje del asiento en la estructura del autocar, ni en los reposabrazos, pero sí en el aumento de prestaciones orientadas a los usuarios infantiles que los utilizan en el trayecto del transporte escolar.



2.3- Soluciones del Mercado.

En este apartado serán enumeradas las distintas soluciones que se encuentran en el mercado, con el fin de solucionar el actual problema.

Se pueden distinguir dos tipos de corriente de seguridad para los niños en el transporte escolar: la Americana y la Europea, que es la que concierne al presente proyecto.

La versión Americana, cuenta con respaldos más altos y totalmente acolchados. Los asientos son más cortos y el espacio entre un asiento y otro es menor, lo que genera una ampliación en las medidas de seguridad, ya que la reducción del espacio vital del ocupante evita su eyección. Aun así, existen asientos especiales que ocultan postizos, que facilitan la adecuación del asiento al niño, como la utilización de arneses que se esconden tras una parte del asiento que se abate, sirviendo esta de sillón elevador, sujetando al pasajero a la butaca.



Sistema Americano.

La principal desventaja de este sistema, y su utilización en autocares, es que solo serviría para el transporte escolar, y no podría hacer el servicio discrecional que en Europa realizan este tipo de transporte. Por otra parte cabe la posibilidad de que no sea utilizado por parte del niño de forma correcta y el pasajero se convierta en un peligro para el resto en una hipotética colisión, haciendo que este salga eyectado del asiento, siendo otra importante desventaja de este sistema el tiempo invertido y la maniobrabilidad que requiere un correcto uso.

El sistema Europeo, sin embargo, no se centra en reducir el espacio vital del ocupante, sino en hacer que este sea lo más seguro posible, a través del refuerzo de la estructura y la implementación de medidas de seguridad, que impidan la colisión del usuario con los asientos de una forma violenta.



Applus⁺
IDIADA



En la línea de esta investigación y en busca de una solución que sea polivalente para los usuarios adultos y los escolares, el FITSA (Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil) junto con IDIADA han desarrollado un sistema de retención, capaz de acoplarse a los niños y adultos pero que no engloba a todos los usuarios del transporte escolar, por lo que no está exento de limitaciones.

Este S.R.I, está constituido por un cinturón de tres puntos, que en la parte lateral cuenta con unas guías que varían la altura por donde sale el cinturón y pasa por el hombro del pasajero, pudiendo ser utilizado tanto por personas adultas como por niños de hasta 6 años, sin la necesidad de recurrir a alzas pero que no sería compatible con usuarios de 3 a 6 años, puesto que necesitarían la utilización de un postizo para que se acople a su ergonomía y así evitar el efecto submarino.

La información relacionada con este apartado ha sido sustraída de los informes del FITSA e IDIADA, **Estudio de la seguridad de los niños en los autocares, E1, E2** así como de la memoria de proyecto **Sistemas de Retención Infantil integrados en asientos de autocares destinados al transporte escolar**, y que se adjuntan como Anexo 01,02,03.

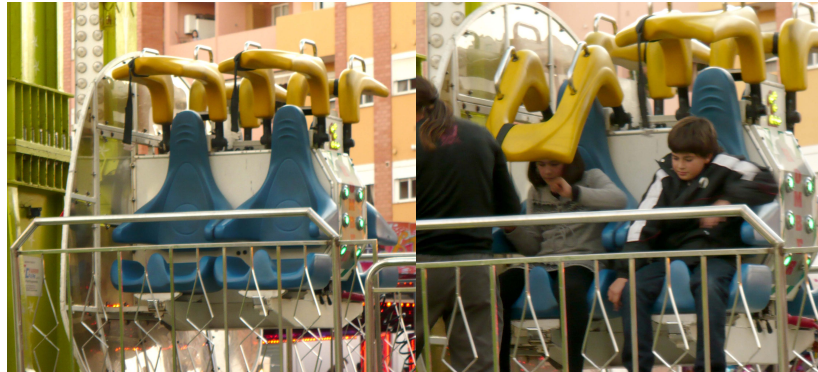
Sistema Europeo.



2.4- Otros asientos

Hasta el momento, se han estudiado los tipos de asientos que están relacionados de una forma directa con el usuario y su contexto, así como las posibles soluciones que el mercado ofrece, pudiendo distinguir dos vertientes y centrando la investigación en las características de confort y seguridad exigidas a este tipo de productos. Como ya se ha mencionado, uno de los principales objetivos del proyecto, busca dar una solución más amable y divertida a los usuarios infantiles, por esto se ha hecho una investigación alrededor de los asientos de las atracciones, los cuales suponen un producto de alta seguridad y que al mismo tiempo, conllevan actividades que para los niños son atractivas y divertidas.

A continuación, se muestran algunos de los asientos utilizados en las atracciones, los cuales tienen una gran relación con la solución que se busca crear a través de este proyecto, puesto que son un producto muy resistente, que cumple con las características de seguridad y entretenimiento, además, de ser utilizados tanto por adultos como por niños.



Como se puede observar, en los asientos de las atracciones, el sistema de seguridad forma parte del propio asiento y esto hace que al utilizarlo el sistema de retención forme parte de un todo con el asiento. Otra característica a destacar es la utilización de materiales elásticos, que además cuentan con resistencia estructural, lo que se traduce en que el asiento cuenta con unas superficies solidas, pero al mismo tiempo blanda, con el fin de absorber de la forma más eficiente posibles impactos del usuario con el asiento; además cabe destaca sus forma ergonómicas las cuales envuelven al pasajero con el fin de impedir su eyección y deslizamiento por los laterales.





2.5- Investigación de Campo.

Tras la investigación de los productos que con anterioridad se han expuesto, también se llevó a cabo una investigación de campo, dentro del servicio que ofrece el colegio del CEU para el transporte escolar de los alumnos de esta escuela. A partir de esa experiencia, se obtuvo la información de los encargados del cuidado de los niños durante los trayectos realizados y se concluyó lo siguiente:

- Los niños están concienciados con la utilización de los sistemas de retención actuales, apoyados por los monitores y la concienciación por parte de los padres.
- Los asientos que actualmente se utilizan en estos trayectos, no están adaptados a las medidas ergonómicas de los niños, puesto que el asiento les queda grande,
- Suelen ir sentados y bien colocados.
- Suelen hablar con los compañeros que se encuentran en los asientos laterales posteriores y anteriores, pues no se pueden levantar durante todo el trayecto.
- No disponen de un sitio específico donde ubicar las mochilas y suelen situarlas en la parte delantera de los asientos o debajo de ellos, puesto que la altura del porta equipajes es inaccesible para ellos.
- En este servicio de transporte podemos encontrar niños que van desde los 3 a los 18 años.

2.6 – Conclusiones de la Investigación.

Las conclusiones que se extraen después de la anterior investigación son:

- Los asientos están diseñados para los adultos tan solo y no se tiene en cuenta a los usuarios infantiles.
- Los sistemas de retención infantil son obligatorios por directiva y en muchos casos, los autocares no están acondicionados para cumplir esta normativa, puesto que los sistemas que se utilizan están destinados a los adultos y no a los niños como dicta la norma.
- El cinturón de dos puntos, aunque es el más utilizado en los autocares posteriores a la implantación de la directiva que obliga su implantación, no son los más apropiados para usuarios infantiles pues pueden colisionar con la cabeza en el asiento anterior además de fuertes sacudidas capaces de producirles lesiones
- Los productos que existen actualmente en el mercado, no son viables en el actual sistema de transporte público europeo, además de estar limitado su uso a un determinado público.

3.- Limitaciones y Condicionantes

A continuación, se enumeran las limitaciones del proyecto, que serán de obligado cumplimiento por parte del producto, así como las cualidades o condicionantes que se quieren alcanzar.



3.1- Limitaciones por normativas

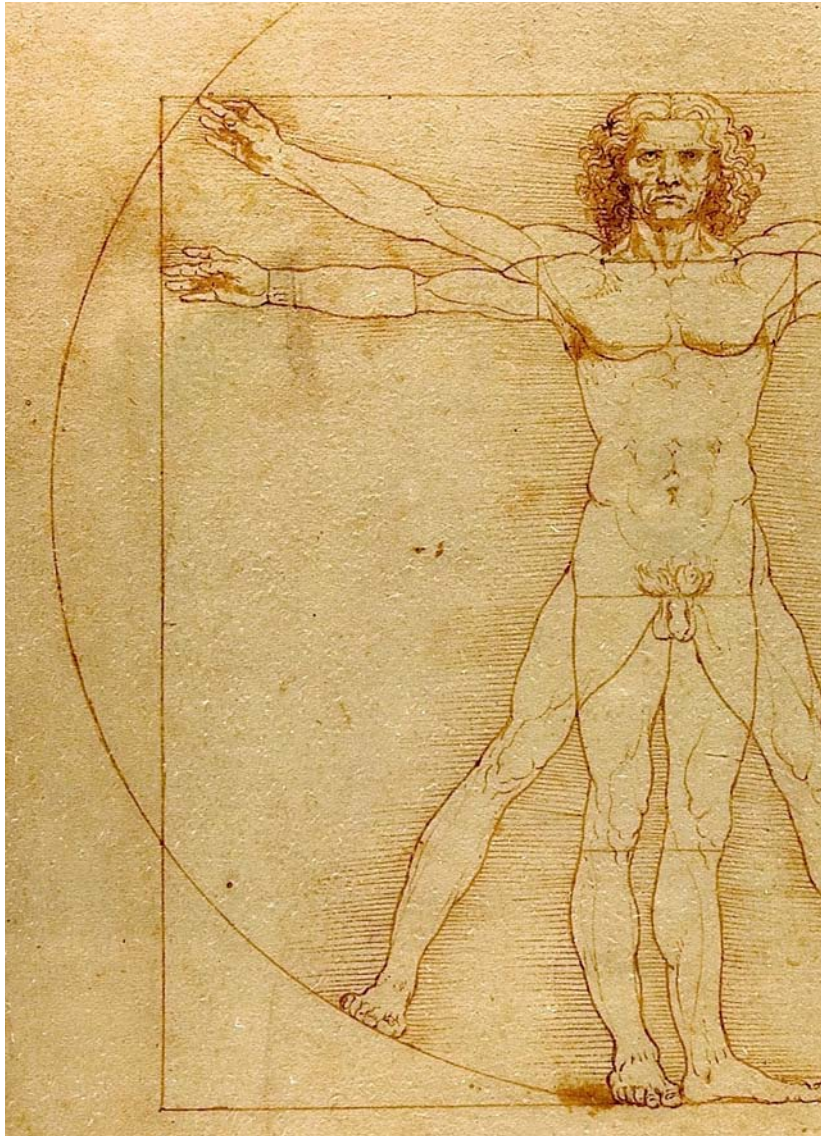
El asiento diseñado tiene que tener en consideración la normativa vigente para los asientos de autocares y sistemas de retención infantil, las cuales viene en forma de directivas.

La normativa vigente para los asientos de autocares y SRI es **El Real Decreto 443/2001 21 de Abril Mod. Real Decreto 884/2002 del 30 de Agosto** sobre condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores, junto con la modificación de la **Directiva 91/671/ CEE** del Parlamento Europeo incluidos de menos de 3,5 toneladas.

Además de las anteriores directivas, los asientos tendrán que pasar los ensayos de homologación vinculados a estos productos que son:

- **Reglamento 80/01: Asientos y sus anclajes M2 y M3**
- **Reglamento 44/03: Dispositivos para la retención de niños.**

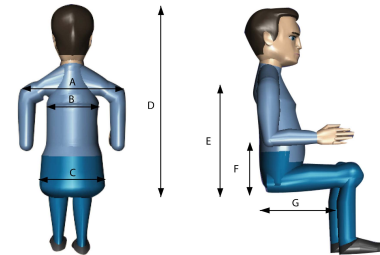
Toda la información relacionada a este apartado se encuentra ampliada en el del Anexo 03 en la memoria de ante proyecto **Sistemas de Retención Infantil integrados en asientos de autocares destinados al transporte escolar** realizada por FITSA e INDIADA



3.2- Limitaciones Ergonómicas.

En este proyecto, las limitaciones ergonómicas son un parte muy importante para el correcto desarrollo del producto. A continuación se presentan las distintas medidas ergonómicas que intervienen en el asiento, clasificadas por edades; estas son las concernientes a pasajeros infantiles que se reparten entre 2 grupos, grupo 1º de 3 a 4 años y grupo 2º de 9a 10 años, así como la de los usuarios adultos.

Los datos ergonómicos pertenecen a un percentil 50% en cada uno de los grupos y han sido extraídos de la base de datos de **Catia V5R19** de su apartado **Ergonomic**.



Letra	Nombre de la medida	3-4 años	9-10 años	Adultos
A	Biacromial Breadth	249 mm	329 mm	382 mm
B	Interscye	245 mm	287 mm	390 mm
C	Hip Breadth	215 mm	262 mm	345 mm
D	Sitting Height	576 mm	772 mm	933 mm
E	Acromial Height Sitting	355 mm	457 mm	620 mm
F	Waist Height Sitting Omphalion	129 mm	170 mm	257 mm
G	Buttock Popliteal Length	252 mm	373 mm	485 mm



3.3- Limitaciones Técnicas del asiento.

Los asientos de autocares tienen que cumplir unas medidas mínimas y máximas para poder ser instalados en los vehículos, por lo que el producto que se va a diseñar tendrá que cumplir con estos requerimientos.

Estas medidas son las que definen las medidas generales del asiento, así como la distancias que tiene que haber entre asientos, siendo regulada por **La Directiva 2001/85/CE**, como modificación de las **Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE**, establece los requerimientos necesarios para el **“Transporte en común de personas (TCP) – AUTOBUSES Y AUTOCARES”**. Además, los requerimientos mostrados hacen referencia a las disposiciones más frecuentes en autocar. En el caso de butacas montadas sobre el paso de rueda, compartimiento motor, etc. Se debe consultar con la directiva correspondiente.

Esta información viene ampliada en el documento **anexo 01 definición del mapa actual de la seguridad infantil en los autocares**.

3.4- Características condicionantes.

Las siguientes cualidades, son consideraciones a tener en cuenta en el proceso de diseño, pero no son de obligado cumplimiento, por lo tanto, se consideran características que buscan una mejora en los productos y el no cumplimiento de estas, no se considera una invalidación del mismo.

Una de las consideraciones a tener en cuenta en el diseño, es la búsqueda de un producto que minimice el impacto medio ambiental del asiento, promoviendo así, en la medida de lo posible, el uso de materiales ecológicos.

Otra de las consideraciones, es la integración en el asiento de un espacio donde los escolares puedan situar sus mochilas, esto como respuesta a que a los niños dentro del rango de edades en las que se mueve el proyecto no alcanzan los porta-equipajes. También se plantea la posibilidad de instalar un sistema de comunicación entre asientos, para evitar las malas posturas en el momento de comunicarse con el resto de sus compañeros.

El asiento debe facilitar las tareas del monitor así como las del conductor, en este sentido, lo ideal es ofrecer la posibilidad que se auto compruebe el correcto uso, mediante un sistema de balizado en la parte del salpicadero del conductor.

Como última consideración, la posibilidad de enfatizar el diseño, indicando de una forma simbólica la polivalencia del producto relacionado con los distintos usuarios.

4.- Estudio de alternativas.

Dentro de este apartado, se explicaran los distintos diseños conceptuales que han surgido tras la investigación, así como los criterios por los cuales, se ha elegido la propuesta que en apartados posteriores se desarrollará. Estos conceptos son tres: el Industrializable; el Conceptual y el Intermedio.

A continuación, se muestran los bocetos y el nuevo Sistema incorporado en el Volkswagen Space up del 2008 , el cual tiene una gran similitud con el concepto **Industrializable** que se ha presentado anteriormente.

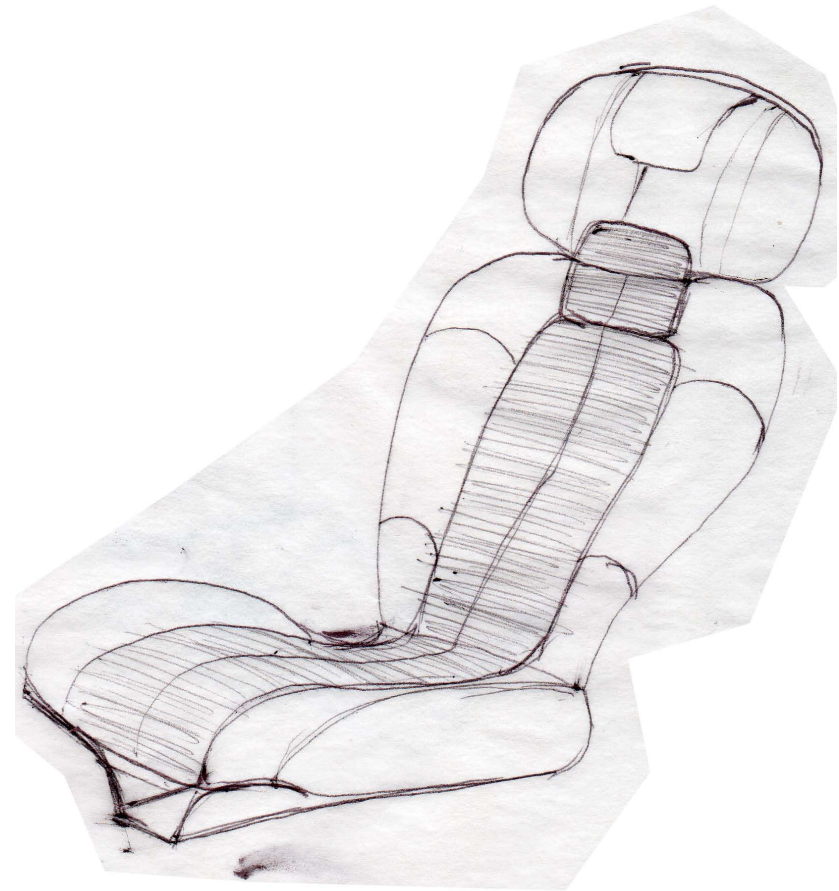


Sistema incorporado en el Volkswagen Space up del 2008

El conceptual: se basa en lograr que las propiedades físicas del asiento- y dependiendo del tipo de usuario que lo utilice- se adapten al cuerpo de la persona, a fin de sujetarlo, se plantea el siguiente ejemplo;

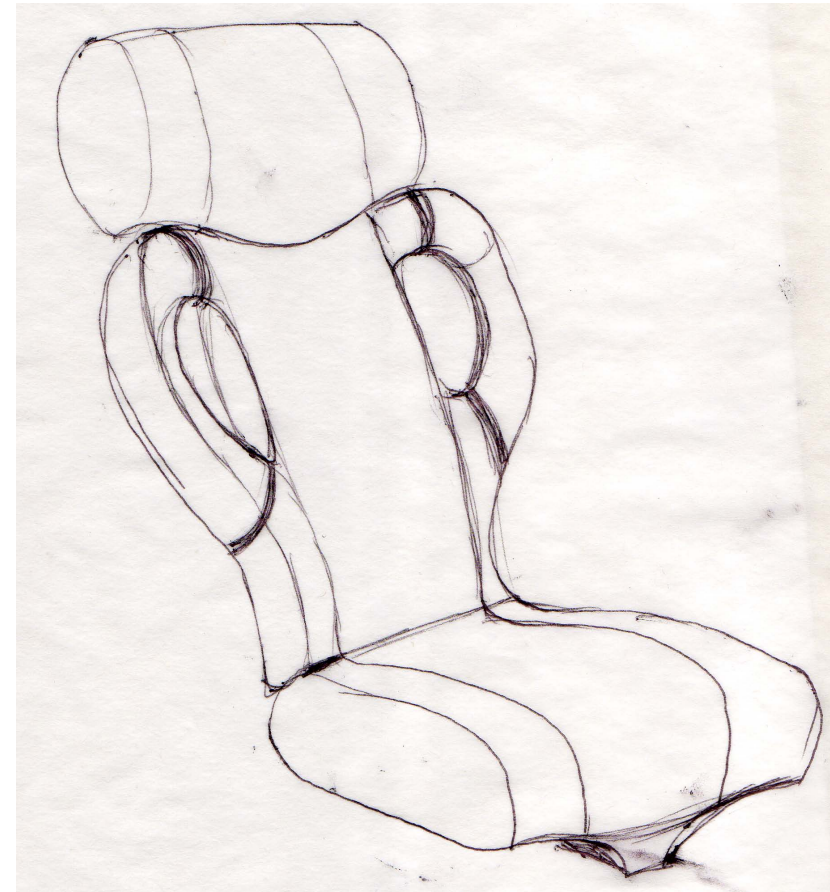
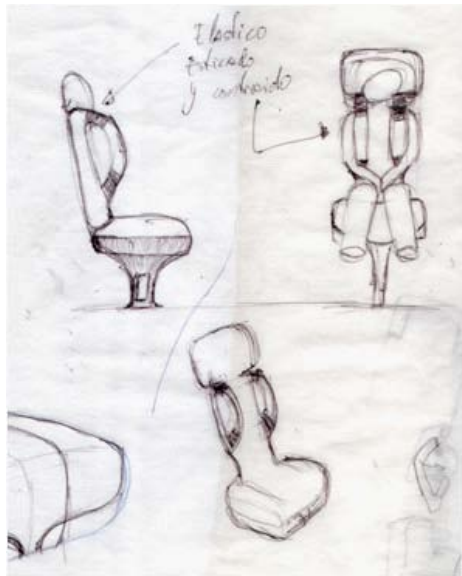
Una persona adulta se sienta y debido a su peso hace que el asiento se acople a sus medidas, sin embargo, si se sienta un niño con características completamente diferentes a las de un adulto, el asiento sigue siendo capaz de acoplarse al niño.

El diseño de este asiento, tiene como base la forma clásica de todos los asientos de autocar, pero con dos partes muy diferenciadas, donde la externa se corresponde con la que utilizarían las personas adultas; y la interna, con la forma más ajustada a la silueta de un niño, que sería la zona destinada al usuario infantil.



El Intermedio, este concepto se podría describir como un producto entre la vertiente industrializable y la conceptual, dado que tiene una alta parte conceptual, la cual intenta hacer que el asiento del autobús, se adapte o transforme en el sistema de retención infantil y además, sea parecido a los utilizados en las atracciones, ya que cuenta con una especie de orejas que se unen al asiento y que en caso de ser utilizado por un niño, el ocupante utilice los salientes a modo de mochila y estos actúen como sistema de retención infantil.

Por lo tanto, la forma del asiento de autobús cambia para transformarse en un producto mucho más ergonómico y con gran adaptabilidad, en el cual todos los usuarios han sido contemplados.



4.2- Justificación de la selección.

Los motivos que llevan a la selección del concepto a desarrollar, se basan en que este es un proyecto que se realiza dentro de la universidad y debe contar con un punto de conceptualización que en la vida real no se da. Este producto debe cumplir con las siguientes características:

-Hacer un producto que atienda las necesidades de niños de 3 a 10 años y adultos, incorporando un sistema de retención infantil que sea atractivo a los niños, basando se en los asientos y sistemas de seguridad de las atracciones.

-Que el producto relacione el sentimiento de viajar con la experiencia de ir sobre una atracción,

-Por último, el asiento debe incorporar un lugar donde situar la mochila y los objetos que el escolar suele llevar para el desarrollo de sus funciones dentro de la escuela.

Así pues, la opción que se ha elegido para el desarrollo del proyecto es la tercera(el intermedio), porque aunque las anteriores también son conceptos aptos para su desarrollo, se considera que el industrializable se queda fuera por falta de fuerza conceptual y la segunda opción (el conceptual), aunque es viable industrialmente, plantea una serie de problemas como el conseguir calibrar un material para que la estructura del asiento se amolde al ocupante, por lo tanto, el desarrollo del producto sería incompleto.

Así pues las palabras claves por las que se ha elegido esta opción son:

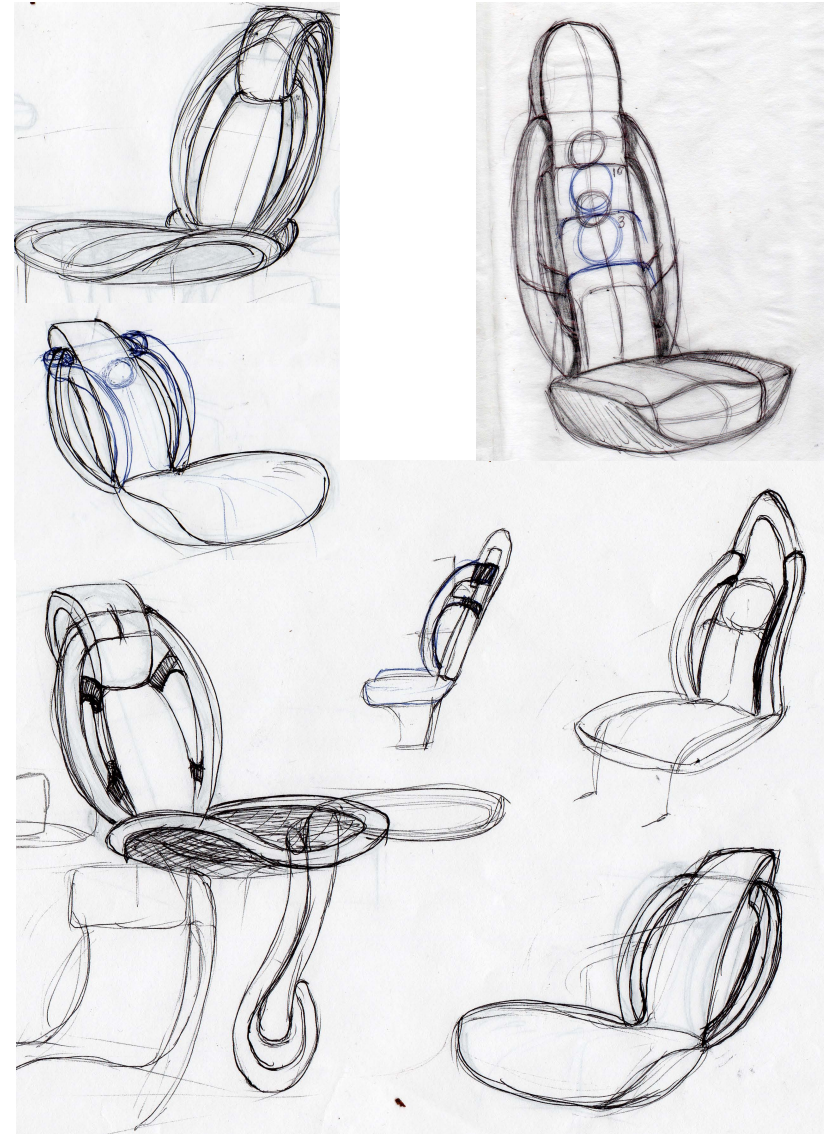
- Conceptual – Industrializable en igual medida
- Polivalente para todos los usuarios
- Ajustable al usuario
- Amable y atractivo
- Nueva concepción de la forma de los asientos para autocar
- Seguridad, tanto en su utilización como en su funcionamiento
- Fácíl de utilizar, mantener, entender

5.- Descripción de la solución.

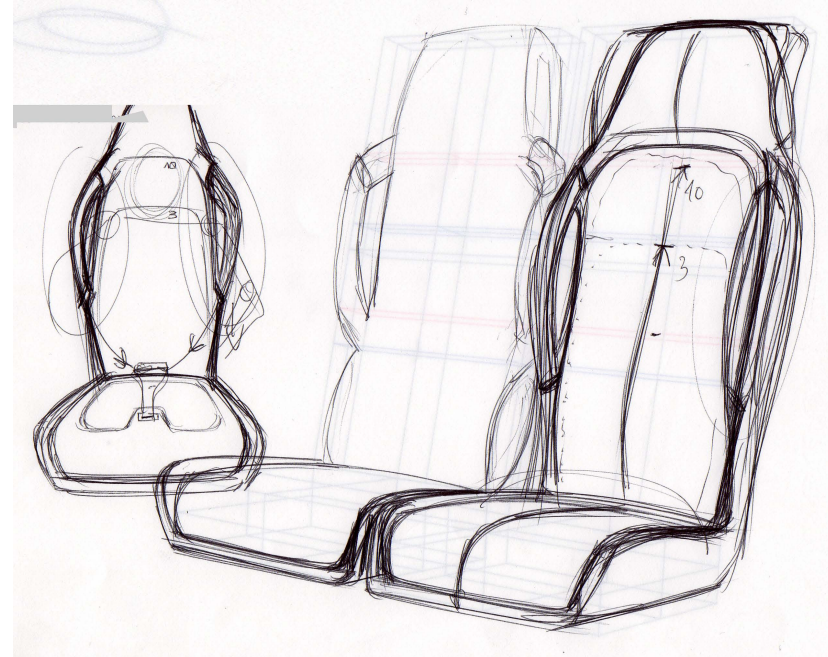
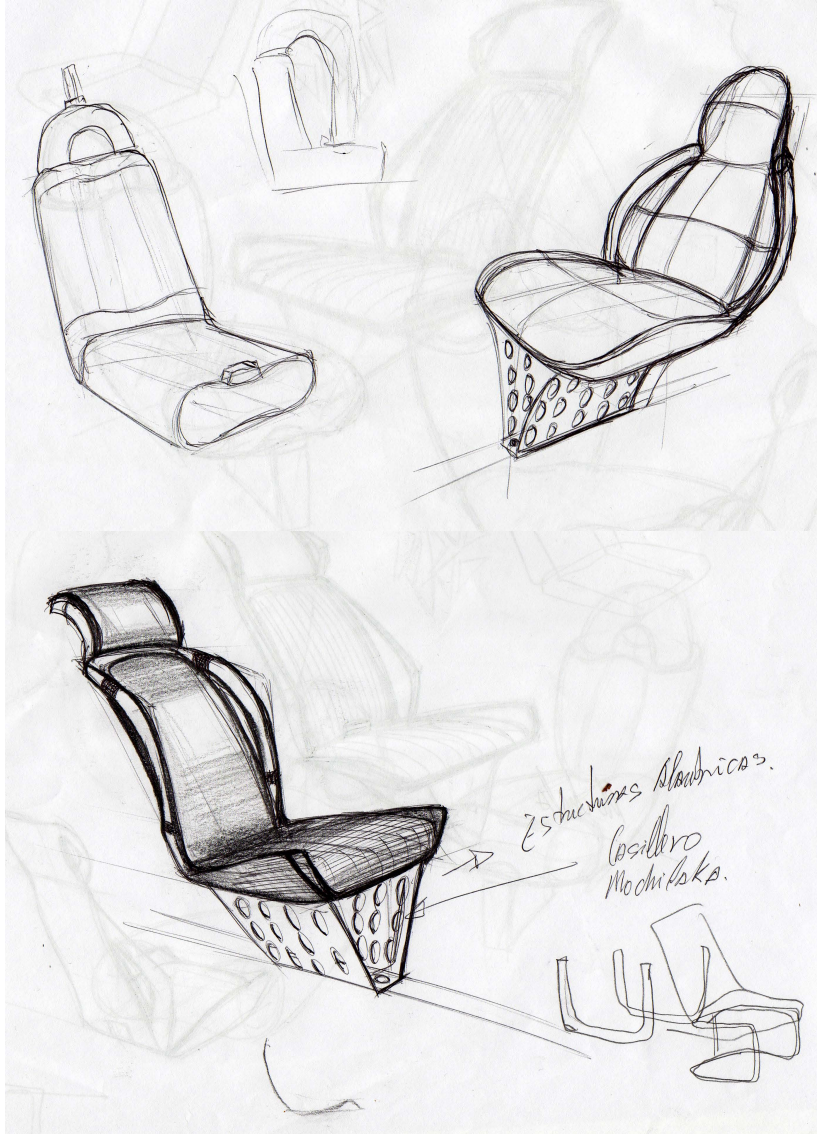
La solución desarrollada, desde los bocetos iniciales, ha ido evolucionando en forma y funciones hasta la que se ha llegado.

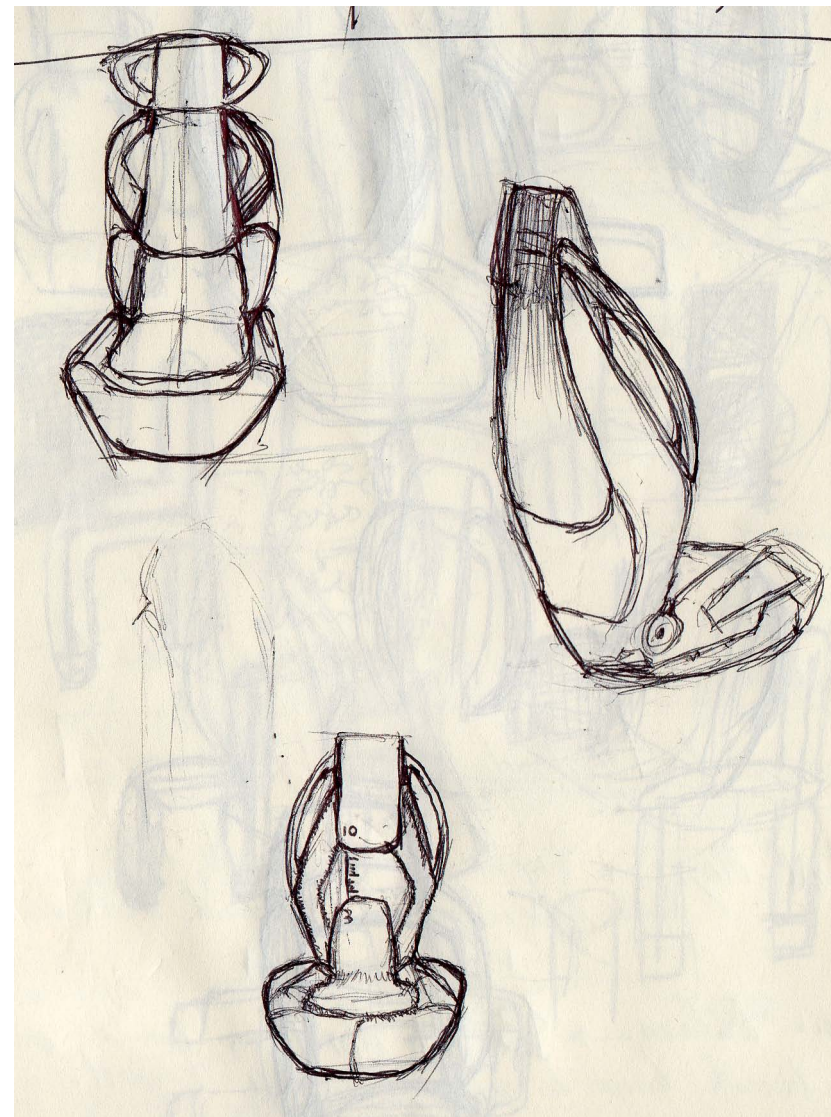
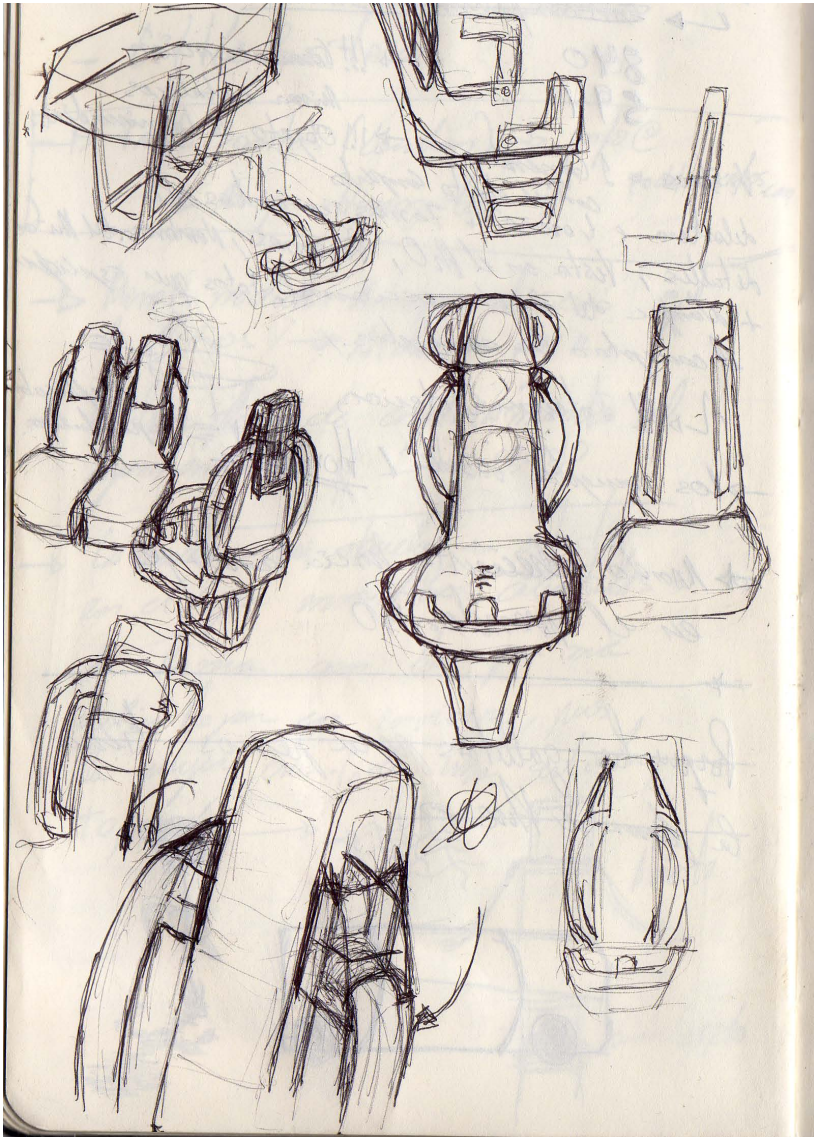


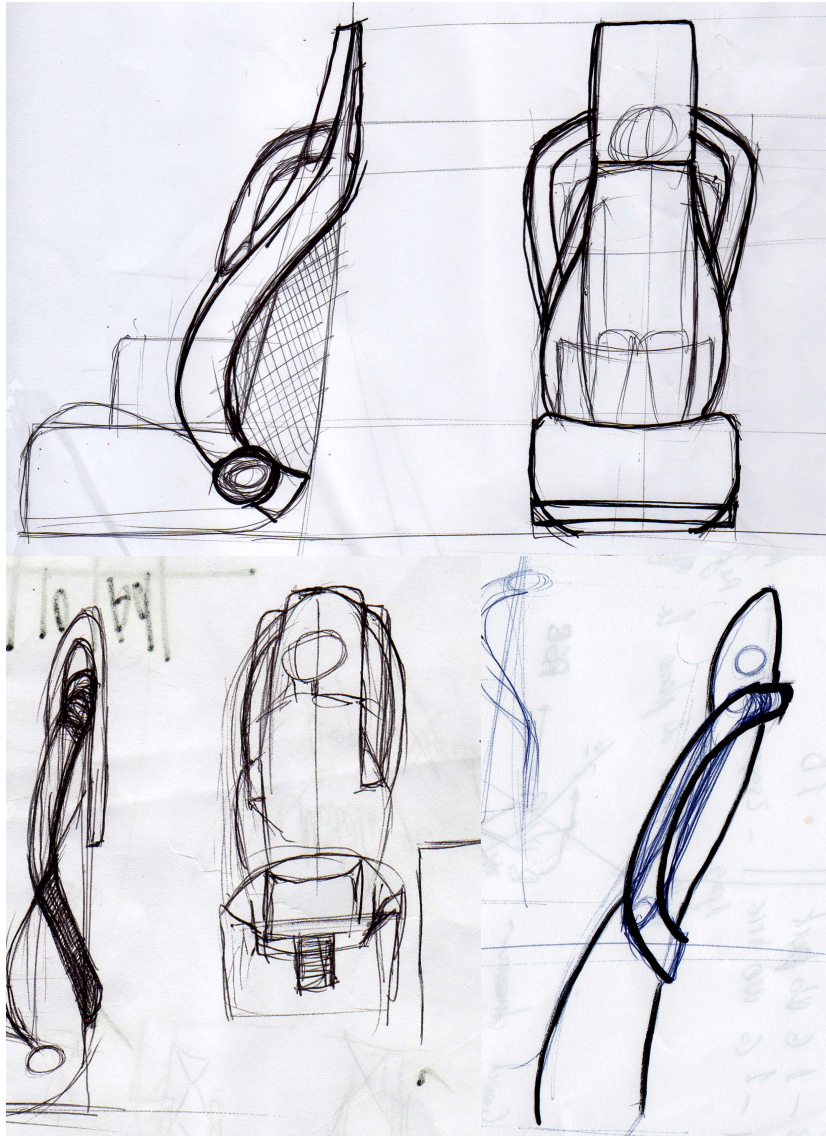
Bocetos de desarrollo del concepto Intermedio



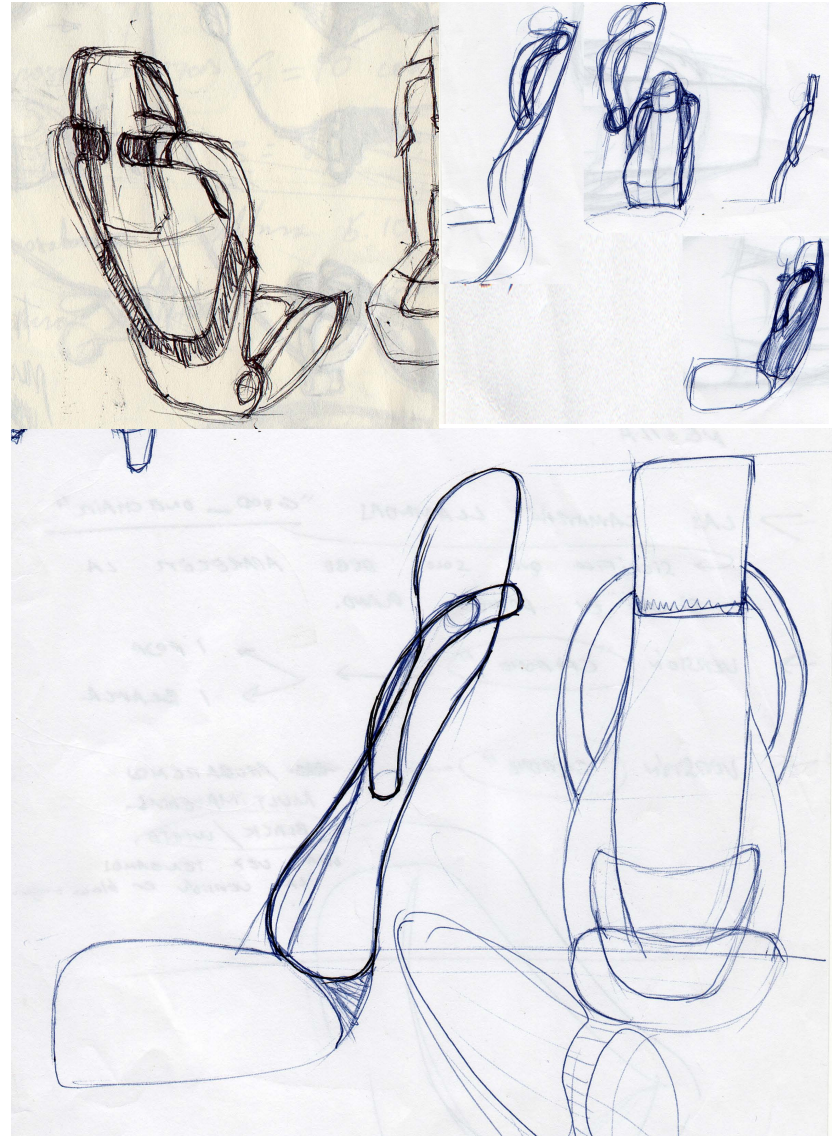
Bocetos de desarrollo del concepto Intermedio



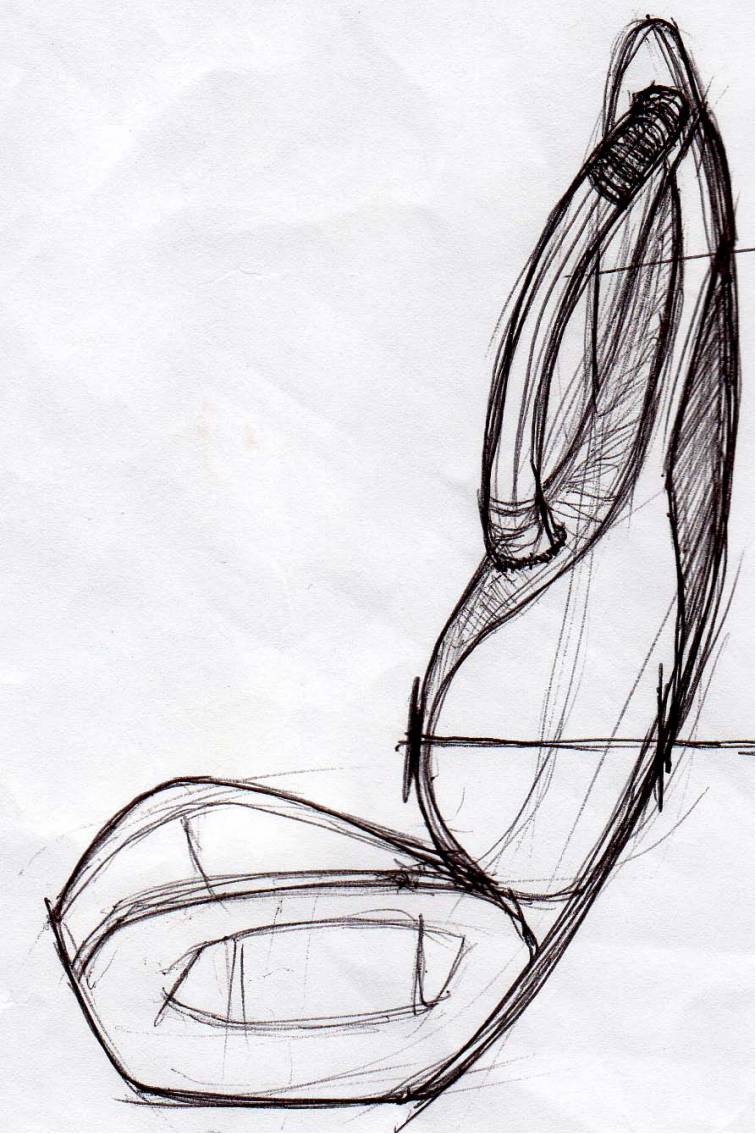
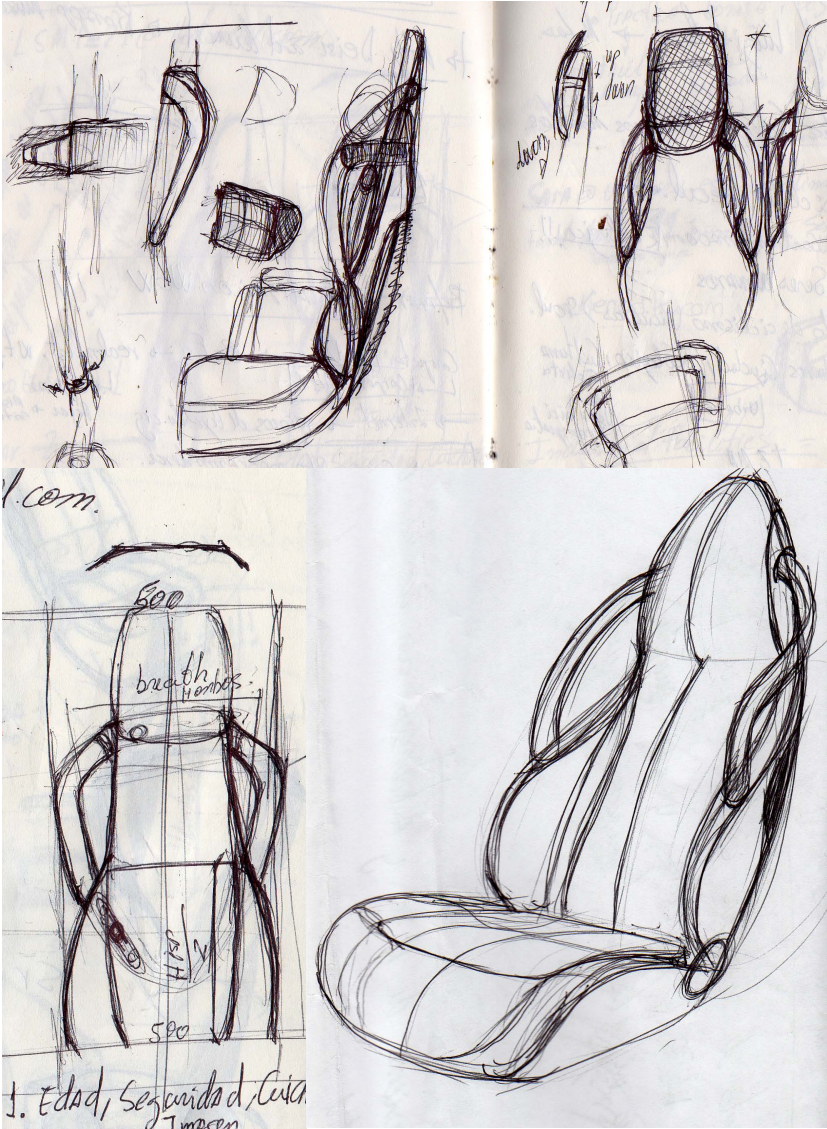


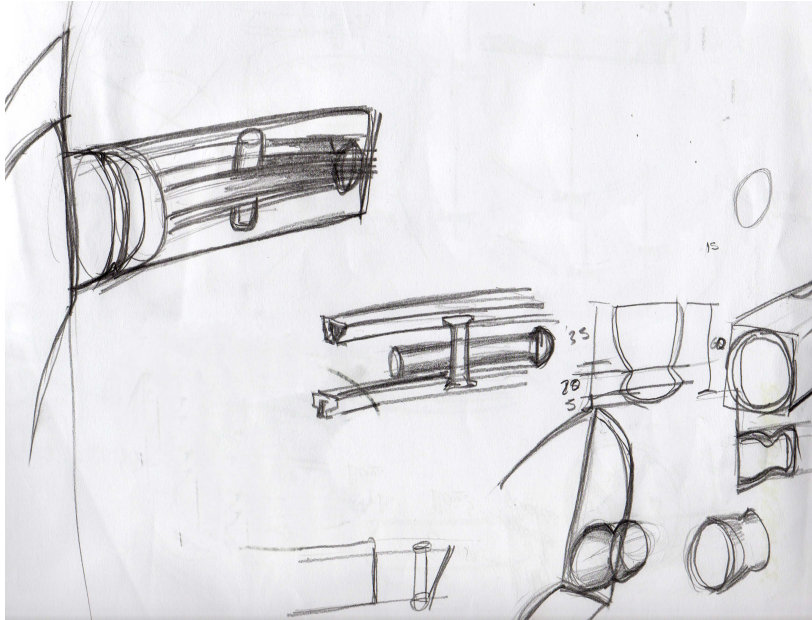


Bocetos de desarrollo del concepto Intermedio



Bocetos de desarrollo del concepto Intermedio





Boceto, sistema de guías para el S.R.I.i

El asiento, tiene una forma totalmente distinta a lo que se podría entender como una butaca convencional de autocar, puesto que la forma obtenida recuerda más a los típicos asientos de un coche deportivo, o a los de una atracción, que a un asiento de autocar pero, esta es una de las premisas que se buscaba desarrollar en el proyecto.

La butaca, envuelve al pasajero para dar una mayor sensación de seguridad y confort, y el sistema de retención infantil se convierte en una parte estructural del producto, dando así la posibilidad de que en caso de no ser utilizado por un menor, se convierta en una parte fundamental del asiento para los usuarios adultos, puesto que es donde la espalda del ocupante descansa. El asiento, se ajusta a los distintos usuarios, puesto que dependiendo del peso del ocupante, la altura de este se ajusta y el S.R.I actuará dependiendo del pasajero ya sea de 3 años o 10, puesto que para el correcto uso, la altura de los ocupantes en relación al sistema de seguridad, tiene que ser la misma.

Se ha tenido en cuenta en todo momento que el usuario infantil, pudiese tener un espacio en el que guardar los objetos que utiliza en su día a día dentro de la escuela y que fuera de sencilla utilización, sin tener que alcanzar el porta equipajes ni dejarlo en el suelo, dado que en la parte inferior del asiento se ha dejado un espacio dispuesto para ello.

Considerando que durante la investigación de campo, el encargado de la vigilancia dentro del autocar, describió que la forma en que los alumnos se posicionaban era siempre vertical y con el cinturón puesto, el asiento con sistema de retención infantil integrado se ha pensado para que actué correctamente en esta postura, junto con un pequeño cinturón que ajusta el S.R.I, y en caso de no ser así, el sistema no puede ser utilizado. De esta forma, se puede verificar que todos los estudiantes lo están utilizando correctamente.

En caso de que el alumno sea mayor de 10 años, el asiento incorpora los sistemas de retención ordinarios.

En líneas generales, los colores que se han utilizado, son colores neutros con ciertos toques de color en aquellas partes más diferenciadoras del asiento. Además, para el material del tapizado de la butaca se ha utilizado una moqueta que disimule, en la medida de lo posible, manchas y desperfectos, sin ningún motivo gráfico, siendo este un punto a desarrollar por diseñadores gráficos o por los implantadores de identidad corporativa de los posibles fabricantes.



Conjunto de butacas en el autocar





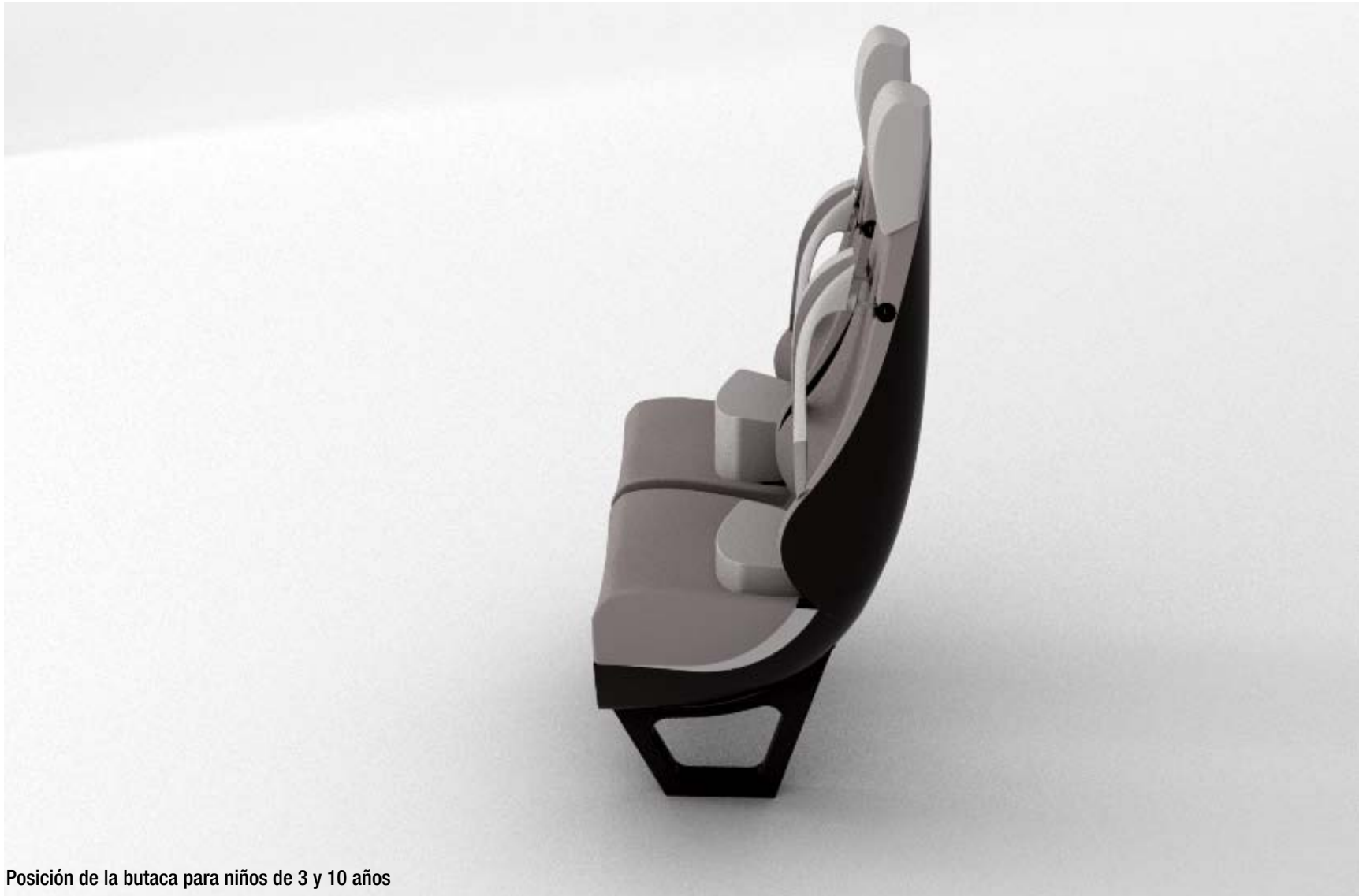
Butacas en posición para adultos y niños



Posición de la butaca para niños de 3 y 10 años



Posición de la butaca para niños de 3 y 10 años



Posición de la butaca para niños de 3 y 10 años

6.- Justificación de la Selección.

Para poder hacer una descripción ordenada y clara, se procede a describir las distintas partes de la butaca de autocar con sistema de retención infantil integrados, pero antes de esto, es necesario enumerar los distintos materiales que forman el producto de forma general.

La estructura interna del asiento, está fabricado en ARPRO (Polipropileno expandido), este material además de tener unas cualidades físicas excepcionales, hace que la eficiencia ecológica del producto en esta parte sea de un 99%, se adjunta Anexo 04.



Estructura de asiento fabricada en ARPRO

El acolchado y partes blandas del asiento han sido fabricadas de espumas de Poliuretano Integral, un material resistente al paso del tiempo y que no tiende a deformarse con la aplicación de fuerzas de forma continuada, además tiene excelentes cualidades en el moldeado.

Producto de Espuma de Poliuretano



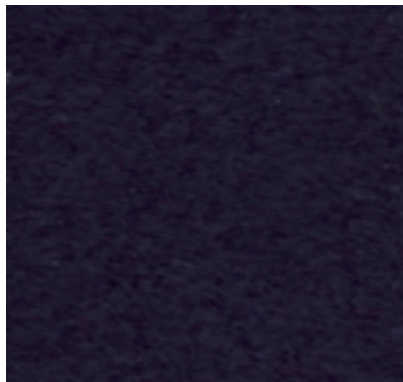
Partes rígidas moldeadas con resinas de poliuretano.



Pieza en resina de Poliuretano

La tapicería está fabricada con Sensuede® (88% Polyester y 12% poliuretano (donde el 50% de las micro fibras de polyester son recicladas) material textil desarrollado por Niels Diffrient para su colección de sillas de oficina HumanSale.

Para saber más sobre el material, se hace referencia en Bibliografía y anexos.



Material Textil Sensuede

El Respaldo, está formado por tres partes diferenciadas tanto por acabados como por función, la parte trasera, sirve de soporte a la estructura interna de la butaca, así como para alojar la parte delantera, la cual ha sido desarrollada en resina de poliuretano, un material rígido capaz de absorber bien los impactos; su forma tiene un continuidad de líneas junto con el asiento que hace que el pasajero se sienta acogido y protegido en todo momento. La parte delantera acolchada y tapizada, aloja parte del sistema de retención infantil que forma parte estructural de asiento y que será descrita con mayor detalle a continuación y por último, el reposacabezas, el cual se puede extraer como en los automóviles, con el fin de facilitar la limpieza del mismo, omitiendo el típico guarda cabezas que, en la actualidad, los autocares de línea utilizan.



El Sistema de Retención Infantil integrado (S.R.I.i), el sistema ideado está formado por dos partes móviles, alojadas en el asiento y en el respaldo, de las cuales una depende de la otra para un correcto funcionamiento. La parte que se aloja en el respaldo, consiste en unos tirantes que se encuentran anclados en los laterales, formando parte de la estructura del respaldo cuando no son utilizados, y que se convierten en el sistema de retención infantil cuando estos se extraen y se deslizan por unas guías internas de la parte superior, utilizándose como si fuesen una mochila. Además, en la parte inferior y a la altura del pecho de los niños de 3 años, se encuentra un cinturón que hace que se ajuste al tamaño del pasajero, convirtiendo parte del asiento en el sistema de seguridad, como sucede en muchas atracciones. La segunda parte que forma este sistema, es la alza inferior, que tiene como finalidad situar al pasajero infantil a la altura idónea para que los tirantes actúen correctamente, esto se consigue mediante la utilización de un cilindro de gas calibrado, como utiliza Niels Diffrient en su sillas de oficina HumanScale, en las cuales, con el peso se regula la altura adecuada para trabajar, siendo los distintos pesos por los cuales se clasifican los sistemas de retención infantil de los automóviles los que determinan la altura y que en el caso de que el asiento sea utilizado por un adulto esta alza queda totalmente integrada en el asiento.



S.R.I.i utilizado por un niños de 3 años





S.R.I.i utilizado por un niños de 10 años





S.R.I.i como parte de la Butaca, utilizada por un adulto



Los tirantes están formados por varios componentes:

- La parte superior, fabricados en poliuretano integral conformado no tapizado, que se desliza por el sistema de guías y anclajes de PVC, en los cuales a fin de proteger la parte acolchada del respaldo se han diseñado unos postizos, para hacer que el deslizamiento sea mejor -también fabricados en PVC para una mayor durabilidad.

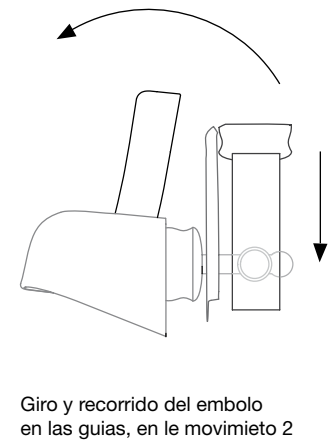
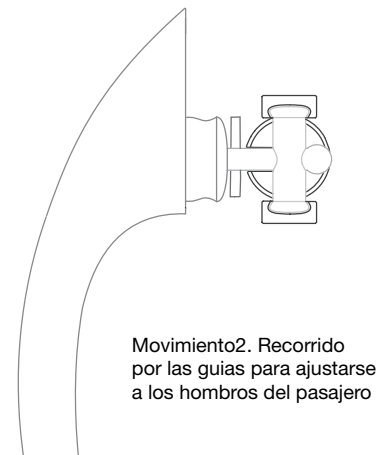
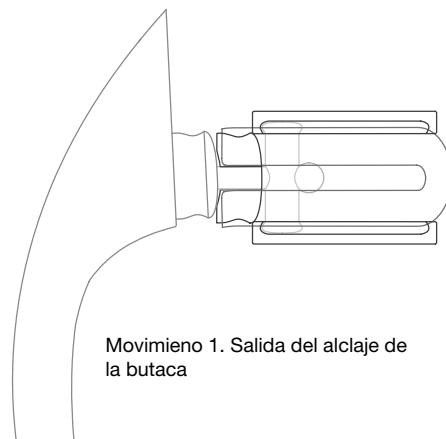
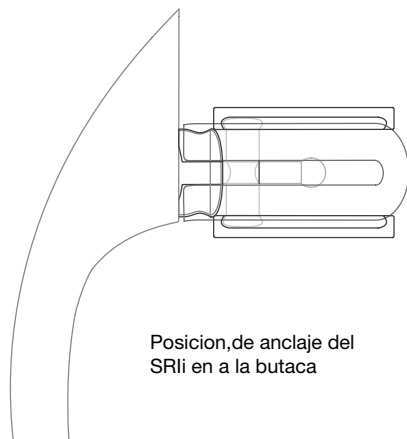
- La parte inferior que se ancla al asiento de forma fija con cualidades elásticas y de deformación otorgadas por el Santoprene para ajustarse al pasajero, mediante el cinturón, el cual se fija mediante una unión Snap Fix.

- El embolo que une las guías con el tirante –también está fabricado en Santoprene.



Piezas de Goma de Santoprene

Esquema del anclaje y deslizamiento por las guías de los tirantes del sistema de retención infantil integrado.



El asiento; está formado por varias partes. Acoge el alza perteneciente al sistema de retención infantil, una parte acolchada y tapizada que busca el mayor confort del pasajero , y una parte rígida, que junto con la línea formal del respaldo, dan una visión del producto en conjunto, por esta parte se ancla el asiento a la estructura del autocar, mediante elementos estándar de VogelSitze; además se ha dejado un hueco entre la parte acolchada y la rígida donde los niños puedan dejar sus principales bártulos, con el fin de facilitar el posicionamiento de sus equipamientos escolares sin la necesidad de utilizar el porta equipajes. Esto se ha creado a partir de la derivación de la forma del asiento, posibilitando así, su total adaptación.



Cilindro de Gas para regular la altura del asiento, el rango de medidas en las que varia la altura del S.R.I.i van de 165 mm para niños de 3 años y 70 mm para niños de 10 años.





7.- Planificación del proceso de Desarrollo.

Este proyecto, sería la fase inicial de uno más extenso que conllevaría la realización de distintos estudios, pero por motivos de tiempo y de capacidad industrial no se han podido realizar. En el caso de llegar a la fase de fabricación, se tendría que considerar la elaboración de los siguientes procesos anteriores a su industrialización.

En primer lugar, sería necesario la realización de un asiento prototipo para poder verificar el resultado, buscando fallos tanto en su funcionamiento como en su confort y seguridad, y contar con un estudio empírico donde diferentes personas puedan expresar su Feedback en relación al producto.

Con el fin de comprobar que el sistema de retención infantil integrado (S.R.I.) funciona correctamente se tendría que hacer un prototipo para realizar los distintos ensayos de Crash, tal y como indica la norma de los S.R.I para automóviles y así lograr su homologación, lo mismo sería necesario para los asientos de autobús, ya que no hay un ensayo específico para este tipo de producto. Estas pruebas vienen descritas por los reglamentos 80/01 de Asiento de Autocares y el reglamento 44/03 para S.R.I, utilizando dummies y tomando como referencia los estudios realizados por IDIADA y FIRSA anexos 01, 02, 03

Una vez realizados los distintos estudios y ensayos enumerados anteriormente, se procedería a la fase de fabricación del distinto componente, así como a la compra de los productos estándar necesarios para un lanzamiento inicial.

Los componentes no estándar tienen que ser fabricados mediante los siguientes procesos, que además están sujetos a otros procesos anteriores a su fabricación, como son la fabricación de moldes, búsquedas de materias primas, patrones y corte de los tapizados por laser.

- Inyección de las piezas de Guías y anclajes del S.R.I.i
- Moldeado de las partes acolchadas y rígidas de la butaca así como del S.R.I.i
- Tapizado del acolchado previamente moldeado
- Ensamblaje de las distintas partes.
- Ensamblaje de las distintas partes.

8.-Entregables.

Planos generales y de justificación de medidas ergonómica en formato impreso y digital en CD adjunto

Modelos matemáticos 3D de Rhinoceros 4.0 en formato digital en CD adjunto,

Memoria en formato impreso y digital en CD adjunto.

Presentación del anteproyecto, formato digital en CD adjunto.

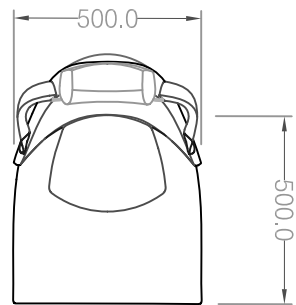
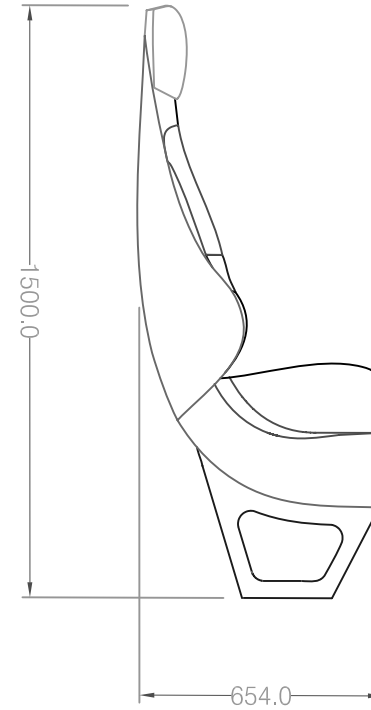
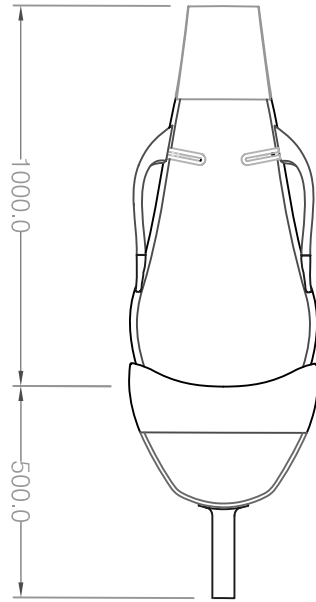
Briefing y Abstract, formato impreso y digital en CD adjunto.

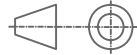
Anexos 01. E1: definición del mapa actual de la seguridad infantil en los autocares. Formato impreso y digital en CD adjunto.

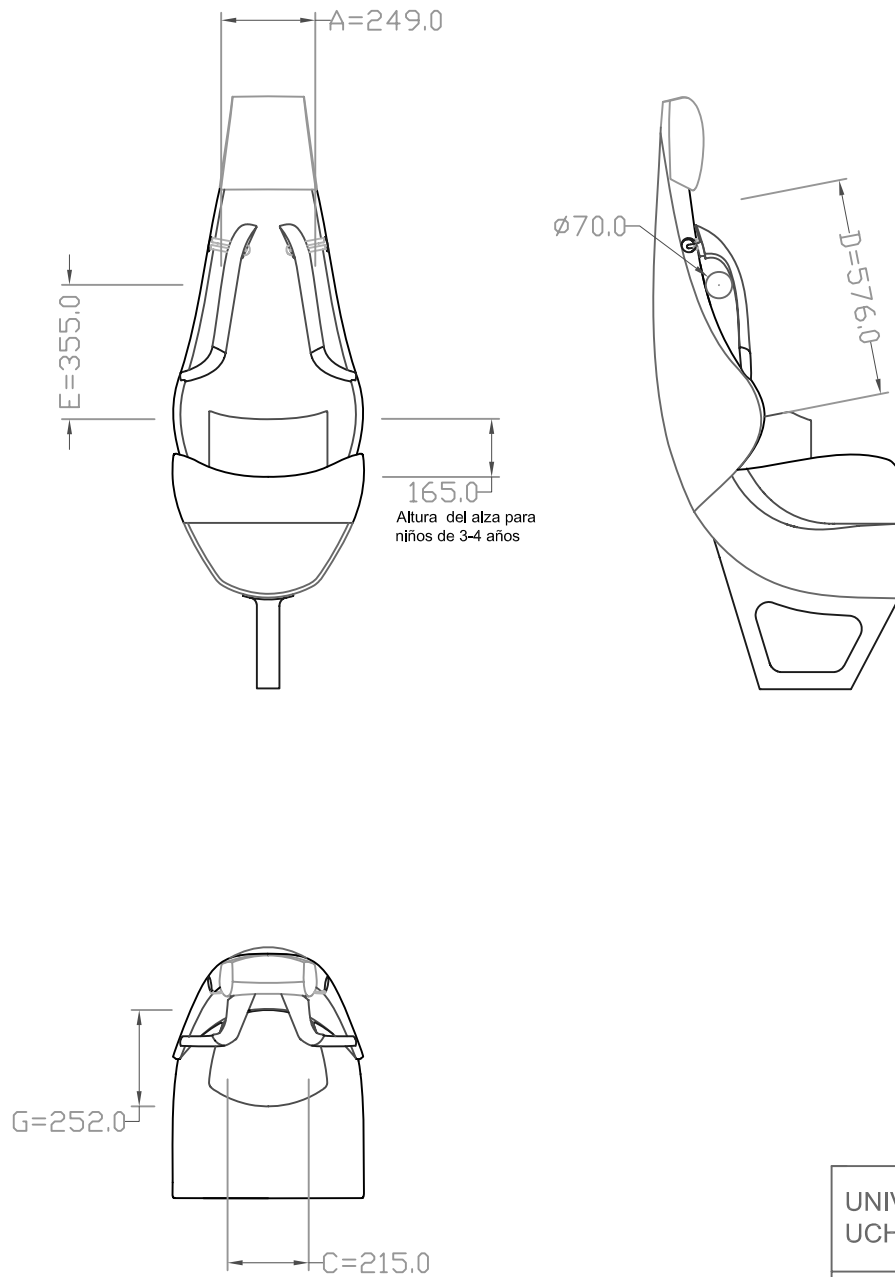
Anexo 02. E2: estudio de la eficiencia de los diferentes sistemas de retención para ocupantes infantiles en autocares. Formato impreso y digital en CD adjunto.

Anexo 03. Memoria del proyecto Sistema de retención infantil integrado en asientos de autocares destinados a transporte escolar. Formato impreso y digital en CD adjunto.

Anexo04. Evaluación del ciclo de vida de ARPRO®. Formato impreso y digital en CD adjunto.





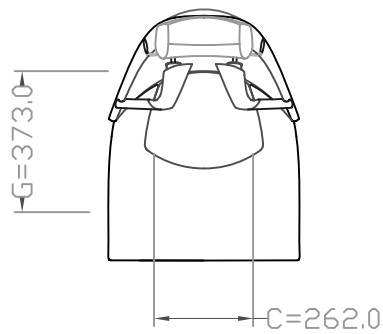
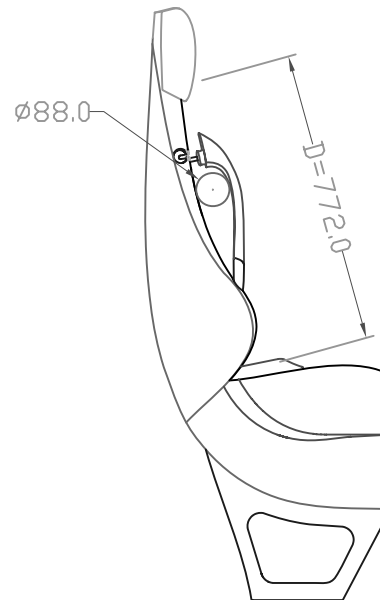
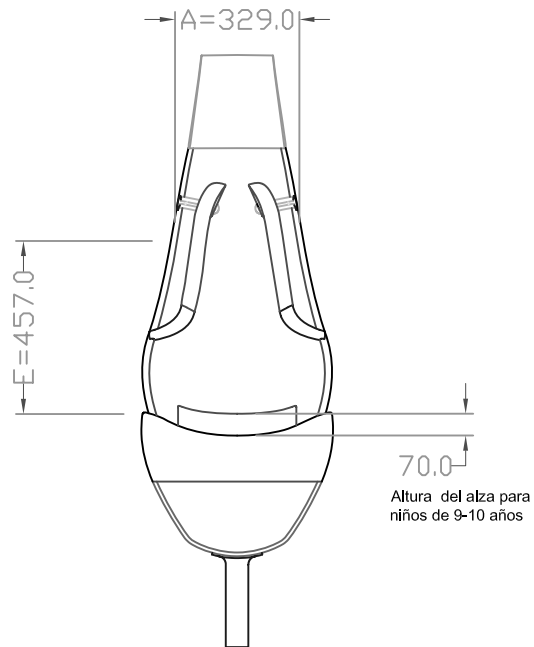
UNIVERSIDAD UCH-CEU	Butaca Autocar Escolar		
PROYECTO: Sistema de Retención Infantil integrado		PLANO: Medidas Generales	
Rafa Arnalte Porcar	E: 1:20	DIN A4	FECHA: 07/06/2010
			01



letra	nombre de la medida	niños 3-4 años
A	Biacromila Breadth	249 mm
C	Hip Breadth	215 mm
D	Sitting Height	576 mm
E	Acromial Height Sitting	355 mm
G	Buttock Popliteal Length	252 mm
H	Armpit Diameter	∅ 70 mm



Medidas extraídas del apartado de Ergonomic de Catia V5R19

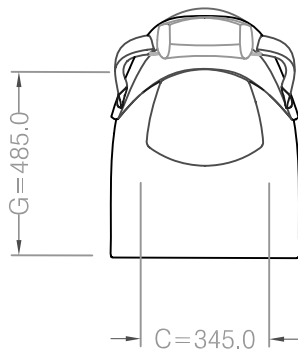
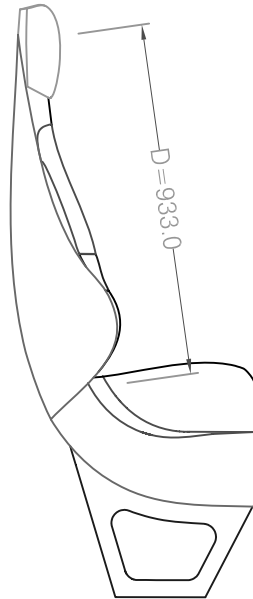
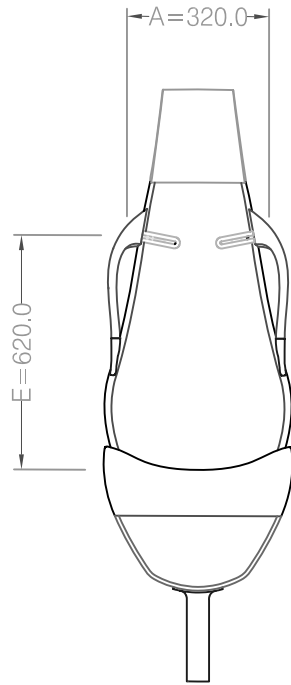
UNIVERSIDAD UCH-CEU	Butaca Autocar Escolar		
PROYECTO: Sistema de Retención Infantil integrado			PLANO: Medidas Niños 3-4 años
Rafa Arnalte Porcar	E: 1:20	DIN A4	FECHA: 07/06/2010
			02



letra	nombre de la medida	niños 9-10 años
A	Biacromila Breadth	329 mm
C	Hip Breadth	262 mm
D	Sitting Height	772 mm
E	Acromial Height Sitting	457 mm
G	Buttock Popliteal Length	373 mm
H	Armpit Diameter	∅ 88 mm

Medidas extraídas del apartado de Ergonomía de Catia V5R19

UNIVERSIDAD UCH-CEU	Butaca Autocar Escolar		
PROYECTO: Sistema de Retención Infantil integrado	 	PLANO: Medidas Niños 9-10 años	
Rafa Arnalte Porcar	E: 1:20	DIN A4	FECHA: 07/06/2010 03



letra	nombre de la medida	adulto
A	Biacromila Breadth	382 mm
C	Hip Breadth	345 mm
D	Sitting Height	933 mm
E	Acromial Heigth Sitting	620 mm
G	Buttock Popliteal Length	485mm

Medidas extraidas del apartado de Ergonomic de Catia V5R19

UNIVERSIDAD
UCH-CEU

Butaca Autocar Escolar

PROYECTO:
Sistema de Retención Infantil integrado



PLANO: Medidas Adultos

Rafa Arnalte Porcar

E: 1:20

DIN A4

FECHA: 07/06/2010

04

Abstract del Proyecto fin de Máster.

Actualmente, las persona que tienen su primer hijo se suelen convertir en obsesos de la seguridad, siempre están con que “estas esquinas son muy afiladas”, “que si esa pieza es demasiado pequeña y se la puede tragar”, “cuidado con esto, cuidado con lo otro” y digo yo, que tanta exigencia de seguridad para sus niños de porcelana y cuando los dejamos en el autobús no se preocupan de que esos asientos no están adecuados a su tamaño, forma, peso , en definitiva su ergonomía, pues ¿si en lo automóviles particulares es obligatorio el uso de sillas de seguridad, porque para autobuses escolares no es necesario adecuar el asiento a esos niños como sucede en lo coches?, es una pregunta que eso padres, tan sumamente protectores deberían de hacerse y tema principal de este proyecto.

Los motivos por los que se prende diseñar este producto, son como se ha comentado anteriormente, la búsqueda de la máxima seguridad y bienestar de los niños en el transporte escolar; dado que en la actualidad es obligatorio que estos tipo de transporte tengan un cinturón, estos no suelen ser suficientes, pues se puede producir el efecto submarino, como sucede en los coches que utilizan el cinturón incorrectamente en combinación con las sillas, o la posibilidad que aparezcan lesiones físicas derivadas de golpes en la parte del tronco y cervicales, que a estas edades en la que el cuerpos esta en desarrollo pueden ser perjudiciales.

Además de los anteriores motivos de seguridad y confort, los más importantes para los padres, el poder hacer que estos trayectos sean más divertidos y amenos a los usuarios, son otras de las cualidades que se pretenden alcanzar con este producto, ya que actualmente suelen ser espacios poco cálidos y deshumanizados.

Así pues, el objetivo de este proyecto, es el diseño de un asiento para el transporte escolar de niños entre 3 y 10 años, edades en las que es obligatorio el uso de sillas especiales en los automóviles, pero que además puedan ser utilizados por las personas adultas, mejorando sus condiciones de **Seguridad, Confort y Bien Estar**, desde una perspectiva **Sostenible**.

Abstract of Master's thesis project.

Currently, people who have their first child will often become obsessed by security, always with that "these are very sharp corners," as if the piece is too small and can be swallowed, "" aware of this, care with other "and I say, that so many security requirements for their children china and when we left on the bus do not care that these seats are not suitable for their size, shape, weight, ergonomics ultimately, for What if in private cars is required to use safety seats, school bus because it is not necessary to adjust the seat to these children as in the car?, is a question that parents, as most protective and theme should be of this project.

The reasons for designing this product is turned on, are as discussed above, the search for maximum safety and welfare of children in the school bus, as it is now imperative that this type of transport with a belt these are often insufficient, because the effect can occur underwater, as in cars improperly wearing seat belts in combination with chairs, or the possibility of injury appear derived from blows to the torso and neck, which this age in which the body is under development can be harmful.

Besides the above reasons of safety and comfort, the most important for parents, the power to make these trips more

fun and entertaining to the users, are other qualities to be achieved with this product as currently often little warm spaces and dehumanized.

Thus, the objective of this project is to design a school bus seat for children between 3 and 10 years, ages at which it is obligatory to use special seats in cars, but can also be used by adults, while improving their security, comfort and well being from a sustainable perspective.

Briefing. Proyecto fin de Máster.

1. Introducción.

Diseño de un asiento para el transporte escolar de niños de 3 -12 años, que puede ser utilizado también por las personas adultas.

2. Objetivos.

El producto buscado tiene que responder a las cualidades de seguridad, confort que exige el mercado para este tipo de productos, así como la humanización del objeto hacia el usuario, buscando en todo momento la sostenibilidad medioambiental del producto.

El producto además tiene que poder ser utilizado por personas que no estén dentro de este rango de edades, pues si bien los autocares escolares se suelen utilizar también como autocares de línea.

3. Antecedentes.

En la actualidad se pueden encontrar estudios encaminado a suplir esta carencia dentro de los transportes escolar promovidos por FITSA (Fundación, Instituto Técnico para la Seguridad en el Asiento) en paralelo con INDIADA (Fabricantes de asientos para autocares), los cuales tienen que servir como punto de partida para este proyecto, dado que han realizado un amplio estudio de los distintos sistemas de sujeción y seguridad dentro del autobús y que pueden resultar de gran apoyo para el desarrollo de éste.

4. Especificaciones Técnicas.

El producto, tiene que cumplir las siguientes prestaciones y requerimientos técnicos:

Prestaciones:

1. Seguridad y confort de los ocupantes.
2. Adaptable tanto para niños de 3 a 12 años como para personas adultas.
3. Tiene que tener un fácil y rápido uso.
4. Tiene que facilitar la revisión de su correcto uso.
5. Tiene que atender a aspectos de humanización de habitáculo.

6. Otras características a fines al producto y que dado a la evolución del proyecto surjan, serán bien acogidas siempre y cuando respeten las anteriormente citadas.

Requerimientos Técnicos:

1. Requerimientos técnicos de sujeción del asiento a la estructura
2. Estructura de sujeción al habitáculo
3. Sistemas de anclaje tanto del asiento como de la estructura
4. Sistemas de seguridad
5. Sistemas de adaptabilidad de asiento a los distintos usuarios
6. Etc.

5. Fases de desarrollo del Proyecto.

- 5.1 Investigación y análisis.
- 5.2 Estrategia del producto y definición del ADN.
- 5.3 Diseño Conceptual
- 5.4 Modelado de Superficies y desarrollo de Producto
- 5.5 Seguimiento técnico del prototipo.

6. Planning.

- Fases 1-2 finalizaran en Marzo
Fase 3 tendrá una duración de 1 mes y finalizara en Abril
Fase 4 tendrá un duración de 1 mes y finalizara en Mayo
Fase 5 finalizara en la primera semana de Junio.

7. Entregables.

Planos generales y de justificación de medidas ergonómica en formato impreso y digital en CD adjunto

Modelos matemáticos 3D de Rhinoceros 4.0 en formato digital en CD adjunto,

Memoria en formato impreso y digital en CD adjunto.

Presentación del anteproyecto, formato digital en CD adjunto.

Briefing y Abstract, formato impreso y digital en CD adjunto.

Anexos 01. E1: definición del mapa actual de la seguridad infantil en los autocares. Formato impreso y digital en CD adjunto.

Anexo 02. E2: estudio de la eficiencia de los diferentes sistemas de retención para ocupantes infantiles en autocares. Formato impreso y digital en CD adjunto.

Anexo 03. Memoria del proyecto Sistema de retención infantil integrado en asientos de autocares destinados a transporte escolar. Formato impreso y digital en CD adjunto.

Anexo04. Evaluación del ciclo de vida de ARPRO®. Formato impreso y digital en CD adjunto.

ESTUDIO DE LA SEGURIDAD DE LOS NIÑOS EN LOS AUTOCARES.

Entregable E1: DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

Realizado por:

José Manuel Barrios Vicente Luis Martínez Sáez
y Andrés Aparicio Salazar Antonio García Álvarez
Seguridad Pasiva Unidad de Biomecánica
Applus+ IDIADA INSIA

Fecha de entrega: 31 de mayo de 2007

Este informe contiene: 105 páginas y 6 anexos.

SUMARIO

1. Introducción	4
2. Objetivos	5
3. Especificaciones	6
4. Resultados	10
4.1. Revisión de la legislación actual en materia de transporte escolar	10
4.2. Revisión de las regulaciones relativas a las butacas de autocar, cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil	14
4.2.1 Butacas de autocares	15
4.2.2 Sistemas de retención infantil (SRI).	30
4.2.3 Compatibilidad butacas autocares – SRI.	37
4.3. Revisión del estado del arte y la utilización de los sistemas de retención que incorporan los autobuses y autocares	48
4.3.1. Tendencia americana	49
4.3.2. Tendencia europea	52
4.3.3. Otras soluciones técnicas	56
4.4. Estudio estadístico de los accidentes con implicación de autocares	64
4.5. Investigación en profundidad de una muestra representativa de accidentes con implicación de autocares	73
5. Conclusiones	104

ANEXOS

- Anexo I: Reglamento General de Circulación, Real Decreto 1428/2003, BOE núm. 306, 23 de diciembre de 2006.
- Anexo II: Directiva 2003/20/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, Diario Oficial de la Unión Europea L115/63, 9 de mayo de 2003.
- Anexo III: Real Decreto 443/2001, BOE núm. 105, 2 de mayo de 2005.
- Anexo IV: Directiva 2005/39/CE, Directiva 40/2005 y Directiva 41/2005, Diario Oficial de la Unión Europea L255/143, 30 de septiembre de 2005.
- Anexo V: LARGE SCHOOL BUS SAFETY RESTRAINT EVALUATION - PHASE II Jeffrey C. Elias (Transportation Research Center, Inc.), Lisa K. Sullivan (VRTC), Linda B. McCray (AVSR). National Highway Traffic Safety Administration, Unites States, Paper No. 313.
- Anexo VI: SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL INTEGRADO EN ASIENTOS DE AUTOCARES DESTINADOS A TRANSPORTE ESCOLAR.
José Manuel Barrios, Ingeniero de proyectos, Seguridad Pasiva e Ignasi Ferrer, Director de Innovación, IDIADA - FITSA

1. Introducción

A continuación se presentan las razones por las que se inicia este estudio:

Alta siniestralidad relativa al parque de vehículos. Cualquier pérdida humana como consecuencia de un accidente de circulación conlleva una carga económica y social importante. A pesar que el transporte de personas en autocar es uno de los medios de transporte más seguros, si medimos la siniestralidad relativa al parque de vehículos el número de fallecimientos es mayor que en otros tipos de vehículos (5 muertos cada 10.000 autocares frente a 2 muertos cada 10.000 turismos).

Importancia del transporte escolar. Los autocares pueden ser destinados al transporte escolar, agravando el coste social de las pérdidas humanas.

Cambio legislativo. Hasta ahora en España no era obligatoria la instalación en los autocares de cinturones de seguridad o sistemas de retención adecuados al ocupante. Ahora con la entrada en vigor de las nuevas directivas 2003/20/CE (obligando el uso de los cinturones de seguridad en los vehículos) y la 2005/40/CE (obligando la instalación de cinturones en todas las plazas de los autocares) se dispondrá de autobuses y autocares que dispongan de cinturones, aunque será difícil que estos vehículos dispongan de sistemas especiales para los ocupantes infantiles. Este proyecto propone una mejora técnica significativa e innovadora en los autocares, ya que aborda un campo nunca abordado hasta el momento (el estudio de las mejoras o no mejoras que el uso de los cinturones de seguridad -2 puntos ó 3 puntos- supone para los ocupantes infantiles en los autocares en caso de accidente).

Estudios previos. Con la motivación de la necesidad existente, este proyecto complementa al estudio ya acabado "SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL INTEGRADO EN ASIENTOS DE AUTOCARES DESTINADOS AL TRANSPORTE ESCOLAR", realizado por Applus+IDIADA en colaboración con FITSA (Fundación Instituto Tecnológico para la seguridad y el medio ambiente del Automóvil), que propuso un sistema de anclaje de cinturones integrado en el asiento que sin necesidad de ajuste alguno según edad o estatura es válido para ocupantes de a partir de tres años. Como estudios posteriores podría plantearse la posibilidad de diseño de asientos integrados para transporte escolar.

Bajo este marco se ha decidido abordar este "ESTUDIO DE LA SEGURIDAD DE LOS NIÑOS EN LOS AUTOCARES".

2. Objetivos

Es objetivo principal de este proyecto la realización de un estudio para la evaluación de la situación actual de la seguridad vial en el transporte los niños en los autocares y definir las recomendaciones mínimas que han de cumplir las butacas de los autocares de forma que garanticen la seguridad de los niños.

Para ello se realizará una recopilación de los accidentes de autocares (situaciones de vuelco e impacto frontal) donde se estudie el movimiento de los ocupantes:

- En la situación actual – la práctica totalidad de los autobuses y autocares no disponen de cinturones de seguridad instalados, y si disponen, los ocupantes no hacen uso de ellos
- Según los cambios introducidos por la nueva directiva (simulación de la cinemática y dinámica de los ocupantes haciendo uso de cinturones de 2 puntos y 3 puntos
- Según las líneas futuras en materia de seguridad del transporte escolar (sistemas de retención adecuados a la dimensión de los ocupantes).

Este trabajo permitirá el estudio de las conclusiones y la definición de recomendaciones sobre la seguridad pasiva en el transporte en autocar de los niños con la finalidad de determinar los requisitos mínimos que se deben cumplir para garantizar una protección mínima de estos ocupantes cuando viajan en autocar.

3. Especificaciones

Dentro de las actividades que tanto Applus+IDIADA como INSIA realizan dentro de la investigación, desarrollo e innovación de productos de seguridad activa y pasiva de vehículos, este proyecto permitirá no sólo la evaluación de las mejoras o no mejoras que el uso de los cinturones de seguridad de 2 y 3 puntos suponen para los ocupantes infantiles, sino la propuesta de requisitos mínimos para las butacas de los autocares con la finalidad de garantizar un mínimo de protección a estos usuarios en caso de accidente.

Este documento reúne los resultados de la primera fase del proyecto:

FASE 1: DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES

Consistente en:

- o Revisión del estado del arte de la legislación actual en materia de transporte escolar (ocupantes infantiles en autocares), de las metodologías de ensayo de las butacas de autocar, de los cinturones de seguridad y de los sistemas de retención infantil en los vehículos a motor.
- o Revisión del estado del arte de los sistemas de retención que incorporan los autobuses y autocares, y del uso que los ocupantes hacen de estos.
- o Estudio de las estadísticas y análisis en profundidad de accidentes sobre la circulación de los vehículos de transporte escolar y la accidentalidad de estos.

Y con las tareas siguientes:

Tarea 1.1 Revisión del estado del arte de la legislación actual en materia de transporte escolar (ocupantes infantiles en autocares).	Duración: Octubre 2006 – Noviembre 2006
Objetivos: Se recopilarán y se estudiarán las normas de circulación, directivas y reglamentos de instalación y uso de los sistemas de retención para los ocupantes infantiles en los autocares y autobuses.	

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

Descripción del trabajo: Todo proyecto de investigación y desarrollo debe realizar una revisión de la legislación que regula aquellas tópicos objeto de estudio. Esto servirá para la identificación de los puntos débiles y fuertes a tratar durante el trabajo. En este caso se estudiarán las normas, reglamentos y directivas relativos al transporte de ocupantes infantiles en autocares.

<p>Tarea 1.2 Revisión de las metodologías de ensayo de las butacas, los cinturones de seguridad, y los sistemas de retención infantil en los vehículos a motor.</p>	<p>Duración: Octubre 2006 – Noviembre 2006</p>
<p>Objetivos: La revisión de las directivas y reglamentos para estos sistemas permitirá la definición de aquellos puntos débiles sobre los que trabajar para la propuesta de mejoras. A modo de ejemplo citar la compatibilidad de los cinturones de seguridad con la anatomía de los ocupantes infantiles y otro la falta de procedimientos de ensayo para la homologación de sistemas de retención infantil específicos para los autocares.</p>	
<p>Descripción del trabajo: Se recopilarán todos las regulaciones relativas a las butacas de autocar, cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil y se analizará en detalla aquellos puntos que sea necesario la propuesta de mejoras.</p>	
<p>Tarea 1.3 Revisión del estado del arte de los sistemas de retención que incorporan los autobuses y autocares, y del uso que los ocupantes hacen de estos.</p>	<p>Duración: Octubre 2006 – Noviembre 2006</p>
<p>Objetivos: Revisión de los sistemas que hoy en día incorporan los autocares y autobuses para garantizar la protección de los ocupantes (entre ellos los infantiles). Estudio del uso que la población hace de estos sistemas.</p> <p>Descripción del trabajo: Una vez conocida la legislación que rige la circulación de vehículos y las regulaciones que la industria debe cumplir para la comercialización de los sistemas de seguridad en los autocares, es necesario el conocer el estado del arte de estos sistemas y el nivel de uso que la población hace de ellos.</p>	

Tarea 1.4 Estudio de las estadísticas y análisis en profundidad de accidentes sobre la circulación de los vehículos de transporte escolar y la accidentalidad de estos.	Duración: Octubre 2006 – Noviembre 2006
<p>Objetivos: Análisis de la accidentología de esta población objeto de estudio.</p> <p>Descripción del trabajo: En las carreteras españolas circulan vehículos, bajo las normas que establece el código de circulación, que han pasado las regulaciones que la homologación impone, y que son manejados por personas que hacen uso de sistemas de retención que la industria en su día desarrolló. Algunos de estos vehículos pueden verse implicados en situaciones de accidente, donde realmente se observará si toda la legislación que rige la circulación y uso de estos vehículos han sido suficientes para garantizar la seguridad de las personas que en ellos viajan. Es por ello que todo estudio de investigación necesitará de un análisis de las estadísticas de los accidentes y un estudio en profundidad de algunos casos representativos que respalden y sirvan de base para la propuesta de mejoras a partir del trabajo a desarrollar.</p>	

4. Resultados

A continuación se presentan los resultados que dan respuesta a los objetivos de la Fase 1 del proyecto. Estos resultados se agrupan en distintos apartados. Un primer grupo de apartados se centra en la legislación referente al transporte escolar. Este grupo se divide en un primer apartado de transporte escolar, que se basa en la obligatoriedad de la utilización de distintos sistemas de retención, y un apartado sobre requerimientos de los autocares a nivel de seguridad, especialmente aquellos particulares en los autocares destinados a transporte escolar. Se ha decidido separar en apartados el 'uso de los sistemas de retención' y la 'instalación de los sistemas de retención en los vehículos' porque a menudo no son totalmente congruentes. En el apartado de conclusiones se comentarán las lagunas e incompatibilidades que presentan.

Un segundo punto a tratar es el estado del arte de los diferentes sistemas de retención que se pueden incorporar. Este estado del arte englobará tanto sistemas que se emplean aquí en la actualidad como sistemas que se emplean en otros países y sistemas de futura aplicación.

Finalmente, se dedica un tercer grupo sobre accidentología. Un apartado sobre estadísticas de accidentes con implicación de accidentes cubrirá macroscópicamente el panorama nacional. El último apartado se dedicará a un estudio en profundidad de una muestra de accidentes con implicación de autocares.

4.1. Revisión de la legislación actual en materia de transporte escolar

A continuación, se detalla cuál es la normativa vigente para el transporte terrestre de pasajeros mostrando especial atención en lo referente a la reglamentación sobre la seguridad en el transporte escolar y el uso de cinturones de seguridad. El transporte escolar está regido por las siguientes leyes o reales decretos de ámbito general del transporte terrestre de pasajeros:

- L 16/1987 del 30 de julio. *“Ley de ordenación de transportes terrestres”*.
- LO 5/1987 del 30 de julio. *“Ley Orgánica de delegación de facultades del estado en las comunidades autónomas en relación con los transportes por carretera y por cable”*.
- RD 1211/1990 del 28 de septiembre. *“Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres”*.

Por lo que respecta específicamente al transporte escolar, la reglamentación aplicable es:

- RD 443/2001 del 27 de abril. *“Real Decreto sobre condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores”.*
- RD 894/2002 del 30 de agosto. *“Real Decreto por el que se modifica el Real Decreto 443/2001, de 27 de abril, sobre condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores”.*

Dicha reglamentación ha sido analizada y como resultado se han encontrado qué puntos de dicha reglamentación abordan el ámbito de utilización de sistemas de retención en transporte escolar.

Se entiende por transporte escolar aquellos transportes públicos regulares, discretionales o privados en que una parte importante de los ocupantes son menores de 16 años (para más detalle consultar Anexo III). Así pues, el RD 443/2001 establece:

- **Artículo 4** (apartado 2, 4ª especificación):

*“Los asientos enfrentados a pozos de escalera, así como los que no estén protegidos por el respaldo de otro anterior situado a una distancia máxima horizontal de 80 centímetros entre la cara delantera del respaldo de un asiento y la cara posterior del asiento que le precede, deberán contar con un elemento fijo de protección que proporcione a sus ocupantes un nivel suficiente de seguridad y habrán de cumplir las especificaciones técnicas que se establecen en el Reglamento CEPE/ONU que resulte de aplicación (36R03, 52R01 ó 107).
[...]*

En los casos en que los cinturones de seguridad hayan de ser utilizados por niños de entre 5 y 11 años, deberán ser de tres puntos y se deberá disponer de cojines elevadores de distintas alturas, en función de su edad y estatura, que permitan ajustar el cinturón a sus medidas. Cuando no se cumplieran estas condiciones, los cinturones no podrán ser utilizados por niños de las edades indicadas”.

- **Artículo 4** (apartado 2, 12ª especificación):

“Cada menor dispondrá de su propia plaza o asiento, el cual deberá tener las dimensiones mínimas determinadas en el Reglamento CEPE/ONU que resulte de aplicación (36, 52 ó 107), de conformidad con las reglas y plazos que en cada momento se encuentren establecidas en las normas dictadas para su aplicación”.

- **Artículo 4** (extracto apartado 4, 3ª especificación):

“Los asientos montados en los vehículos de categoría M2 y M3 deberán estar homologados según la Directiva 96/37/CEE relativa a los asientos, sus anclajes y los apoyos cabezas de los vehículos a motor. Además, los respaldos de los asientos, o cualquier otro elemento o mampara situado delante de los viajeros, deberán poder superar un ensayo de absorción de energía específico en todas las posibles zonas de impacto de la cabeza del menor. El ensayo se realizará según lo establecido en el anexo III de la Directiva 78/632/CE sobre acondicionamiento interior de los vehículos a motor, y se exigirá el cumplimiento de los requisitos allí definidos, pero se reducirá a 5,2 kilogramos el peso de la falsa cabeza utilizada en el ensayo, para hacerla más similar a las características fisiológicas de un menor”.

Según esto, el RD 443/2001 establece, para vehículos destinados al transporte escolar, que cada ocupante dispondrá de una plaza, así como la obligatoriedad del uso de cinturones y/o sistemas de retención adecuados a la talla del ocupante para niños de entre 5 y 11 años. Además, establece los ensayos de absorción de energía que deben pasar todos los respaldos así como cualquier elemento de separación entre filas de asientos.

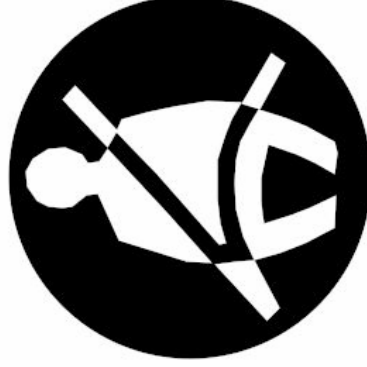
Posteriormente, en el punto 4.2, se analizará de forma detallada cuáles son estas medidas y cuáles son los requerimientos que deben cumplir la butaca y sus anclajes. Así mismo, se encuentra en vigor el Reglamento General de Circulación (RGC), modificado recientemente por el RD 965/2006 del 1 de septiembre. Este Real Decreto se actualiza el RGC de acuerdo a lo impuesto en la Directiva 2003/20/CE (entre otros, se estipula el uso del cinturón de seguridad en toda clase de vehículos para ocupantes de más de 3 años). A continuación se destacan los puntos más importantes del RGC que servirán de base para llevar a cabo el análisis de la “Seguridad de niños en autocares”. Para un mayor detalle, consultar el Anexo 1.

- **Artículo 117** (extracto del apartado 1).

“Se utilizarán cinturones de seguridad u otros sistemas de retención homologados, correctamente abrochados, tanto en la circulación por vías urbanas como interurbanas por el conductor y los pasajeros de más de tres años de edad de los asientos equipados con cinturones de seguridad u otros sistemas de retención homologados de los vehículos destinados al transporte de personas de más de nueve plazas, incluido el conductor.

De esta obligación deberá informarse a los pasajeros por el conductor del vehículo, por el guía o por la persona encargada del grupo, a través

de medios audiovisuales o mediante letreros o pictogramas, de acuerdo con el modelo que figura a continuación, colocados en lugares bien visibles de cada asiento”.



Pictograma de uso obligatorio de cinturón. Personaje blanco sobre fondo azul.
(Anexo IV del RGC)

- **Artículo 117** (apartado 3).

“Los pasajeros de más de tres años de edad cuya estatura no alcance los 135 centímetros, deberán utilizar los cinturones de seguridad u otros sistemas de retención homologados instalados en los vehículos de más de nueve plazas, incluido el conductor, siempre que sean adecuados a su talla y peso”.

Por lo tanto el RGC establece, en su artículo 117, la obligatoriedad del uso de cinturón de seguridad y/o sistemas de retención homologados en vehículos de las clases M₂ y M₃ a ocupantes mayores de 3 años.
Cabe destacar que ni el RD 443/2001 ni el RD 965/2006 establecen requerimiento alguno para los ocupantes con edades inferiores a 3 años. Dado que la edad de escolarización en guarderías empieza desde los pocos meses de vida y llega hasta los 3 años de edad, y dado que las guarderías organizan actividades que obligan al desplazamiento de los niños en autobuses y autocares, se ha creído conveniente incluir en la matriz de ensayos del presente estudio maniqués que representen una edad menor de los tres años (maniquí de 1.5 años), a fin de conocer el nivel de seguridad ofrecido a este tipo de pasajeros.

4.2. Revisión de las regulaciones relativas a las butacas de autocar, cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil

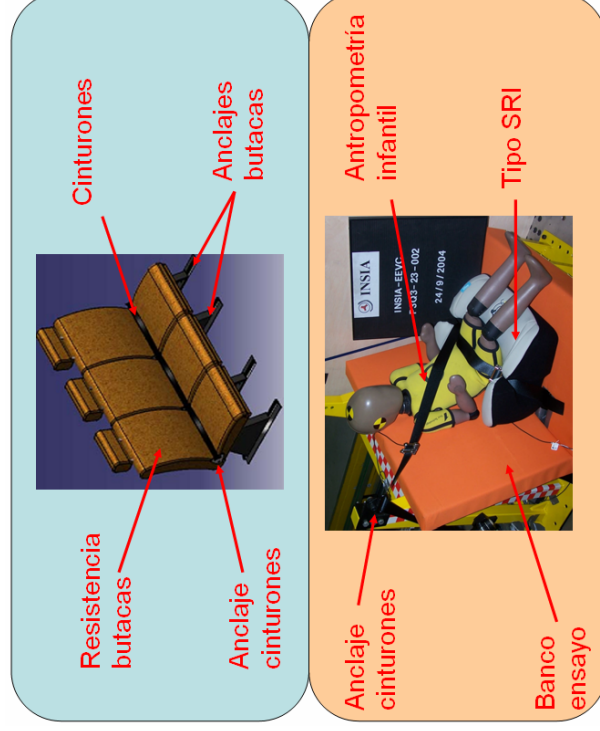
Todo el contenido de este apartado hace referencia a especificaciones técnicas de los sistemas de retención en vehículos destinados al transporte infantil.

En primer lugar, se debe indicar qué se entiende por sistema de retención. Un sistema de retención debe soportar al ocupante, de manera que éste quede retenido en el asiento que ocupa y no sufra ningún desplazamiento que le lleve a impactar contra un objeto del interior del vehículo. Esto se consigue mediante la utilización de asientos con cinturones de seguridad y, en el caso de autocares, mediante mamparas o asientos delanteros que impiden que el ocupante salga despedido.

Por lo expuesto anterior, las butacas de autocar que deben ser utilizadas en el transporte escolar han de cumplir con los requisitos descritos en los reglamentos pertinentes (entre los que se encuentran: ECE 14R, 16R, 21R, 36R, 52R, 80R y 107R). Además, en caso de utilizar un sistema de retención infantil, éste ha de estar homologado según el Reglamento ECE 44R. Por ello, el análisis se centrará en los dos pilares fundamentales del estudio:

- Butacas de autocares: dimensiones, localización de los sistemas de retención y sus anclajes, y ensayos dirigidos a evaluar el grado de seguridad.
- Sistemas de retención infantil: grupos de edad, antropometría básica infantil, y tipos de ensayos destinados a la homologación.

De ésta forma, analizando los requerimientos exigidos para estos grupos, se podrá estudiar la interacción existente al incorporar sistemas de retención infantil en butacas de autocares, pudiendo determinar los puntos más críticos.



Puntos de análisis en materia de reglamentación.

4.2.1 Butacas de autocares

A continuación se expondrán los requerimientos impuestos por la normativa vigente a las butacas de autocar. Estas exigencias afectan tanto a dimensiones, anclajes y resistencia de las butacas, como al número, disposición y resistencia de los anclajes de cinturones homologados.

Dimensiones básicas de butacas. Espacio entre viajeros.

La Directiva 2001/85/CE, como modificación de las Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE, establece los requerimientos necesarios para el “*Transporte en común de personas (TCP) – AUTOBUSES Y AUTOCARES*”. Debido a los requerimientos impuestos por la reglamentación escolar, se analizarán las dimensiones para vehículos de la *Clase III y/o Clase B* (¹). Además, los requerimientos mostrados a continuación hacen referencia a las disposiciones más frecuentes en autocar. En el caso de butacas montadas sobre el paso de rueda, compartimiento motor, etc. se debe consultar con la directiva correspondiente.

El ancho mínimo del cojín de las butacas (dimensión F) se mide a partir de un plano vertical que pase por el centro de la butaca. La anchura mínima del espacio disponible en cada plaza (dimensión G) se mide también en un plano vertical que pase por el

¹ Clase III: Vehículos (de más de 22 viajeros) previstos exclusivamente para transportar viajeros sentados.

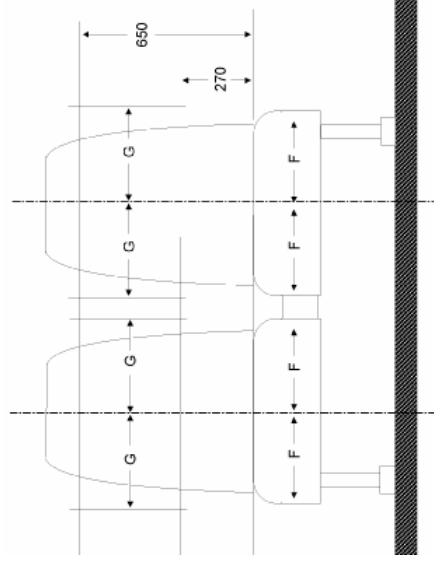
Clase B: Vehículos (de menos de 23 viajeros) no diseñados para el transporte de viajeros de pie.

centro de la butaca entre dos cotas comprendidas entre 270 mm y 650 mm. En la siguiente Tabla 1 se representan los valores para dichas medidas.

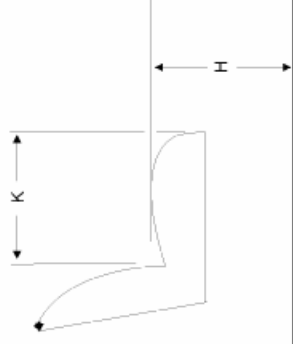
	F mín (mm)	G mín (mm)	
	Asiento corrido/individual	Asiento corrido	Asiento individual
Clase III	225	225	250
Clase B	200	225	250
Anchura máxima < 2.35 m	200	200	200

Tabla 1. Anchura permitida de butacas.

En cuanto a la altura de la butaca, ésta debe ser de al menos un metro medido desde el plano de referencia al punto más alto del respaldo del asiento (para butacas orientadas en sentido de la marcha). La profundidad mínima del cojín (dimensión K) debe ser de al menos 350 mm en vehículos de Clase B, y de al menos 400 mm en vehículos de Clase III. La altura del cojín sin deformar (dimensión H) debe estar comprendida entre 400 y 500 mm.



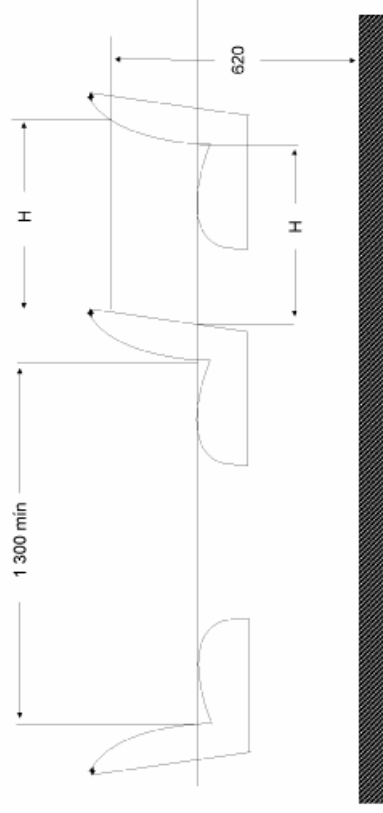
Dimensiones principales de anchura de butacas.



Profundidad y altura del cojín.

Con estas cotas, quedan definidas las dimensiones básicas que debe tener una butaca. Además de las dimensiones de la butaca, en los reglamentos queda definido qué distancia mínima deben mantener las butacas a fin que los ocupantes dispongan de un espacio de habitabilidad, definido como “espacio para viajeros sentados”. Dentro de este espacio del que debe disponer un viajero de autocar, se establece la distancia mínima entre asientos como la distancia entre la cara delantera del respaldo de un asiento y la cara posterior del asiento que le precede, medida a cualquier altura comprendida entre el punto superior de cojín y 620 mm (dimensión H). En el caso de butacas orientadas en el mismo sentido, ésta distancia mínima para vehículos de *clase B* debe ser de 650 mm, mientras que para la *clase III* la distancia es de 680 mm. En el caso de butacas enfrentadas, la distancia mínima es de 1300 mm.

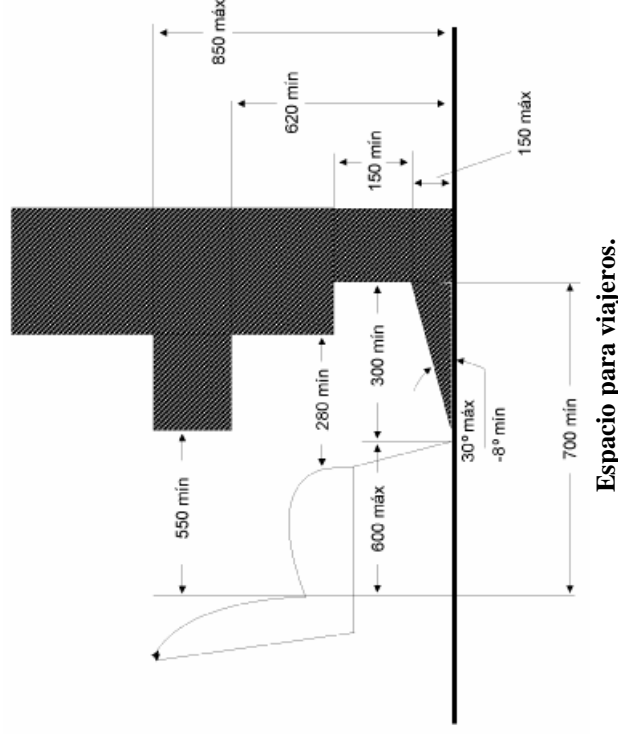
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Distancia entre asientos.

De forma ocasional (respaldo precedente en posición reclinado), es posible que ciertos elementos de los respaldos delanteros o de la estructura de los mismos invada dicha zona, pero en ningún caso debe superar la zona marcada en la figura siguiente. La presencia local de reposapiés en los asientos está autorizada, con la condición de que se deje un espacio adecuado para los viajeros. De esta forma, se establece un espacio mínimo del que debe disponer cada ocupante de un autocar. La Directiva muestra algunas intrusiones toleradas en lo que respecta al espacio por encima del asiento, a la zona inferior del asiento, a las plazas traseras de las esquinas... Estas intrusiones permitidas son bastante localizadas y no afectan al estudio en el caso general.

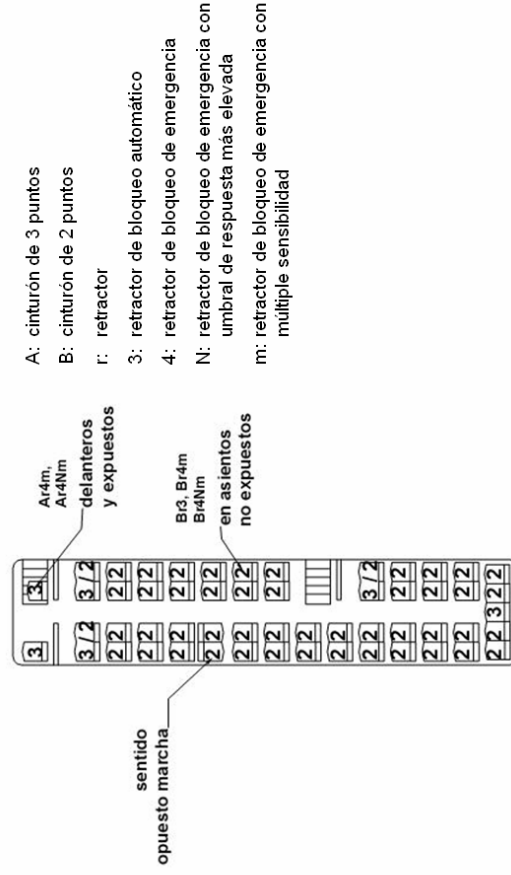
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Cinturones de seguridad y sus anclajes.

Las Directivas 76/115/CE, 93/38/CE, 77/541/CE, 2000/3/CE, así como los reglamentos ECE R14, ECE R16, hacen referencia a los requerimientos necesarios para los cinturones y sus anclajes montados en vehículos de la clase M (vehículos destinados al transporte de viajeros). Todos los vehículos deben disponer de cinturón de seguridad homologado en todas las plazas.

En primer lugar, se definen los requisitos mínimos en cuanto al número y tipo de anclajes de cinturón para vehículos de la clase M₂ (> 3500 kg) y M₃. En general, en los vehículos de estas clases está permitido el uso de cinturones de dos puntos siempre que no se considere una plaza expuesta (no protegida por asientos precedentes), en cuyo caso se exige un cinturón de tres puntos de anclaje. En la siguiente figura se muestra un croquis con la tipología de cinturón según la localización del asiento:



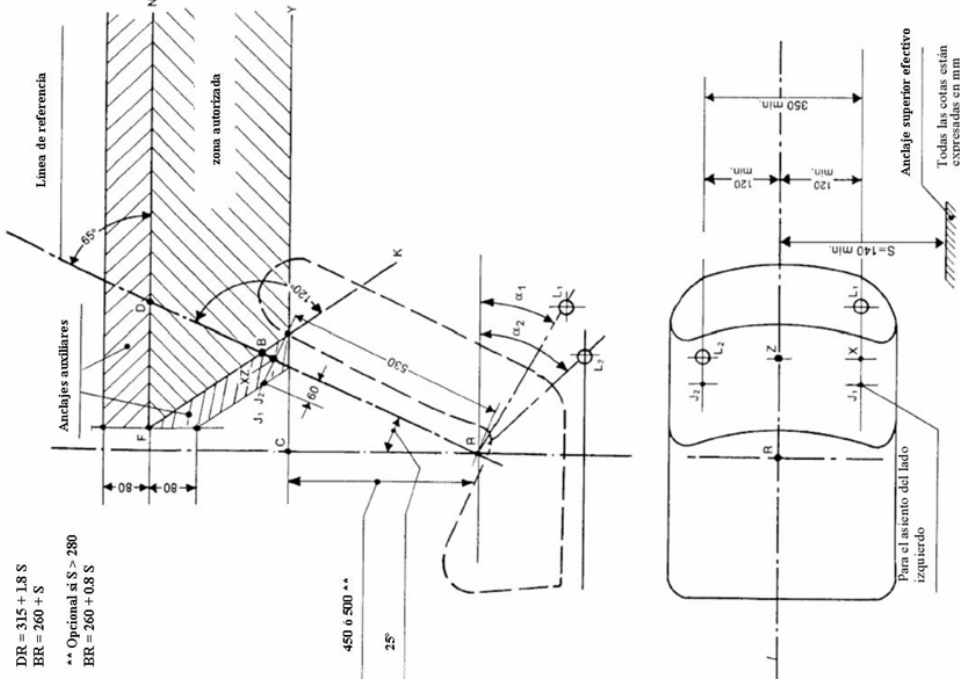
Requisitos mínimos para cinturones.

De forma general, el reglamento ECE R14 establece las condiciones necesarias para los emplazamientos de los anclajes efectivos en M_3 (ya se utilicen dos o más anclajes). En la siguiente figura se definen las zonas permitidas para los anclajes de cinturones siendo:

- Los puntos L_1 y L_2 son los anclajes inferiores, que se encontrarán al menos a una distancia de 120 mm respecto al plano medio de la butaca.
- α_1 y α_2 : dichos ángulos se miden en un plano vertical entre la horizontal que pase por el punto R (²) y la proyecciones sobre el plano de las rectas que unen cada punto de anclaje con el punto R.
- S: distancia entre el anclaje superior efectivo y el plano medio de la butaca.
- La “zona autorizada” es el área permitida para el anclaje superior y debe encontrarse por debajo del plano FN, por detrás del plano FK, por detrás de un plano vertical perpendicular al plano medio longitudinal del vehículo que pase por el punto R y por encima del punto C.

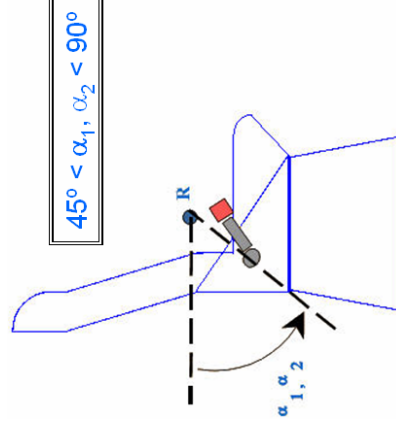
² El punto R es la localización del centro del eje de pivotamiento entre el torso y el muslo del maniquí 3DH (punto H) en una configuración de butaca dada por el constructor para cada una de las plazas sentadas.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Localización de los anclajes efectivos (ECE R14).

En el caso de asientos que incorporen cinturones de seguridad de dos puntos, las restricciones se limitan a los ángulos α_1 y α_2 , así como a la separación entre los dos puntos de anclaje del cinturón (mínimo 120 mm a cada lado del plano central de la butaca).



α_1 = lado opuesto hebilla

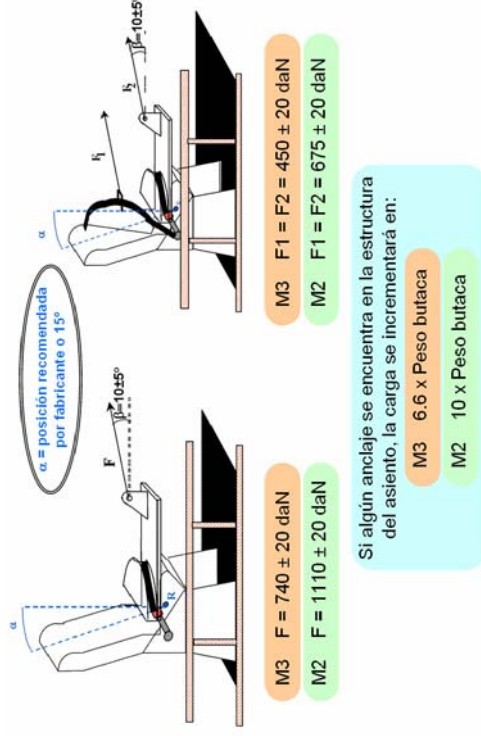
Ángulos de anclajes inferiores permitidos en M3.

Finalmente, se establecen los requerimientos que deben cumplir los anclajes de cinturón. Para ello se realizan ensayos que evalúen la resistencia de los anclajes de los cinturones. Estos ensayos reproducen los esfuerzos a los que serían sometidos los anclajes de los cinturones cuando un ocupante adulto es retenido en un impacto frontal.

La realización de este ensayo se lleva a cabo bien sobre la estructura del vehículo o bien en un vehículo completo. Los asientos deben encontrarse en la posición de conducción o utilización (marcada por el fabricante), o bien con el respaldo con una inclinación de 15° .

El ensayo consiste en la aplicación de una fuerza de tracción a través de un dispositivo de tracción (descrito en el Anexo V del ECE R14). El ángulo de aplicación de dicha fuerza es de $10^\circ \pm 5^\circ$ sobre la horizontal. La aplicación de la fuerza debe ajustarse al mínimo tiempo posible, siendo soportada por los anclajes durante un tiempo de al menos 0.2 segundos. A continuación se muestra un esquema del ensayo a realizar, tanto para el cinturón de 2 puntos como para el cinturón de 3 puntos, así como las fuerzas que deben ser aplicadas.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



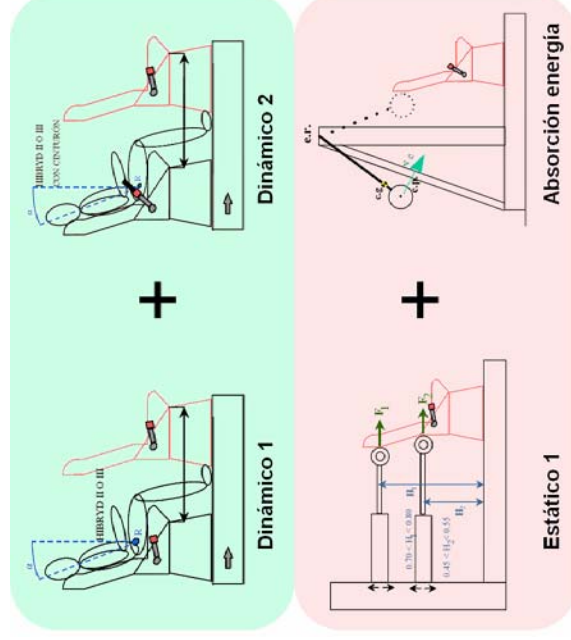
Ensayo para anclajes de cinturones en autocares.

Para superar satisfactoriamente este ensayo, todos los anclajes deberán poder resistir el ensayo. Se admiten deformaciones permanentes, incluso roturas parciales de un anclaje siempre y cuando hayan soportado la fuerza prevista durante los 0.2 segundos requeridos. En el caso de ensayar un cinturón de 3 puntos, el anclaje superior efectivo debe encontrarse por encima de un plano horizontal que pase por el punto “C”.

Asientos y sus anclajes.

Las Directivas 74/408/CE, 96/37/CE, así como la reglamentación equivalente (ECE R80), establecen los requerimientos para los “asientos, sus anclajes y apoyacabezas homologados con el asiento”. De esta forma se establecen unos métodos de ensayo que verifican la correcta resistencia tanto del asiento como de sus anclajes. Para analizar la resistencia del asiento, se pueden realizar diversos ensayos. Éstos pueden ser dinámicos, estáticos o de absorción de energía, existiendo una vía de ensayos dinámicos y otra en la que se realiza un estático equivalente más un ensayo de absorción de energía. Para un mayor entendimiento de las posibilidades existentes, se muestra un croquis en la siguiente figura.

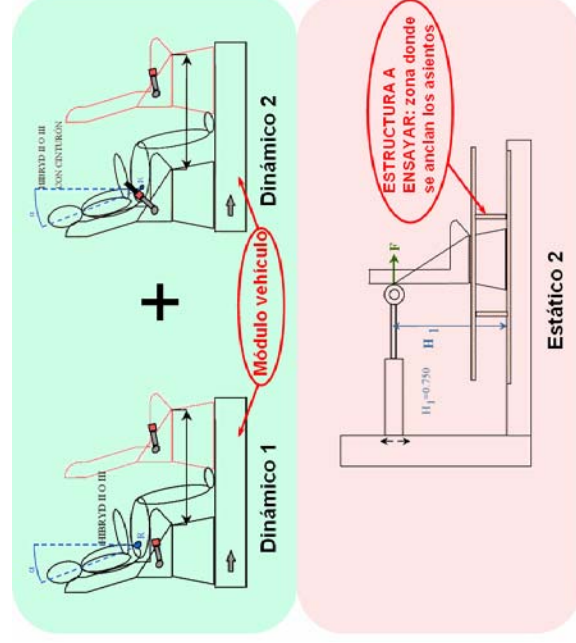
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Ensayos de resistencia de asientos.

Para evaluar la resistencia de los anclajes de la butaca es necesario pasar los ensayos correspondientes, ya sean de tipo dinámico o estático. Los ensayos dinámicos son idénticos a los requeridos para la resistencia de los asientos, si bien en este caso es necesario ensayar las butacas montadas sobre una parte representativa de la estructura del vehículo donde van a ser montadas (si para el ensayo de resistencia de butacas se realizó sobre módulo, no es necesario volver a realizar este ensayo). En la siguiente figura se muestran las diferentes posibilidades existentes:

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Ensayos de resistencia de anclaje de asientos.

Una vez mostradas los diferentes ensayos que debe pasar una butaca junto con sus anclajes, se procede a entrar en mayor detalle sobre los diferentes ensayos:

Ensayo dinámico 1.

La finalidad de este ensayo es determinar si los asientos son capaces de soportar la carga de los ocupantes que viajan sueltos cuando impactan contra el asiento precedente, así como comprobar que el ocupante no sufre lesiones de gravedad. Por lo tanto, sólo sería necesario hacer este ensayo a todas las butacas que sean susceptibles de ser golpeadas por algún ocupante que vaya suelto en las plazas posteriores a la ensayada.

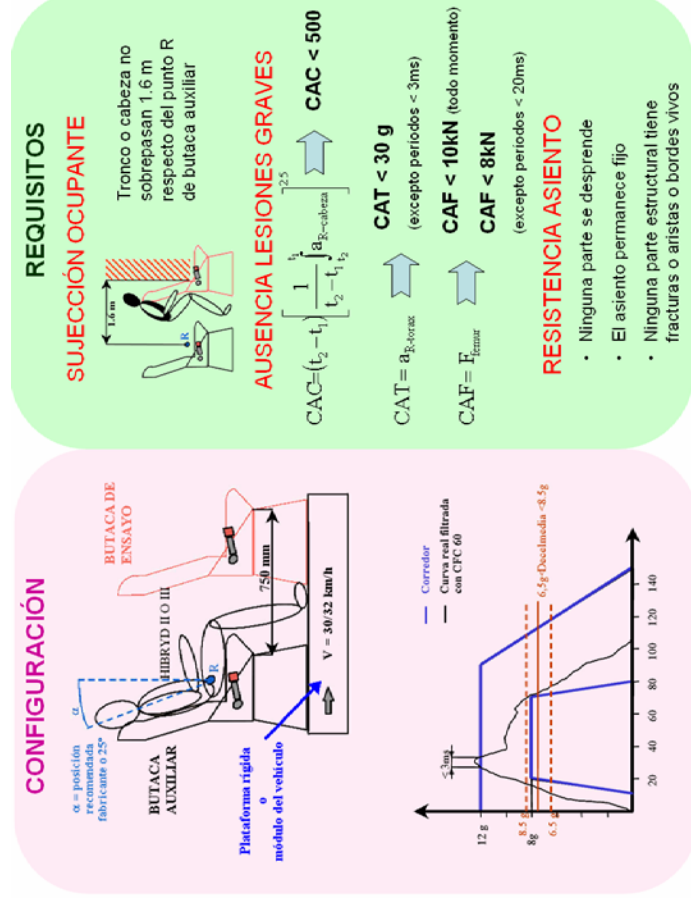
Se considerará que cumple con los requisitos si:

- ningún punto de la cabeza o del tronco superan una distancia de 1.6 m respecto del punto R de la butaca de referencia.
- el criterio de aceptabilidad de la cabeza (CAC) es inferior de 500.
- el criterio de aceptabilidad del tórax (CAT) es inferior de 30g (excepto en periodos menores de 3 ms).
- el criterio de aceptabilidad del fémur es inferior a 10 kN y no supera los 8kN en periodos superiores a 20 ms.
- ninguna parte del asiento, soporte o accesorio se desprende durante el ensayo.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

- el asiento permanece fijo y todos los sistemas de enclavamiento permanecen fijos mientras dure el ensayo.
- ninguna parte estructural del asiento o accesorios tiene fracturas, aristas o bordes vivos.

Para la realización de este ensayo se coloca la butaca en una bancada rígida o módulo del vehículo, desplazándose a una velocidad de entre 30 y 32 km/h, y decelerándose de acuerdo a las prescripciones de un pulso (figura siguiente). En una butaca auxiliar a la que se desea ensayar, se coloca un maniquí de impacto (que simula una persona adulta) sin ningún sistema de retención. En la figura siguiente se muestra la configuración empleada para realizar este ensayo, así como los requisitos:



Características del ensayo dinámico 1.

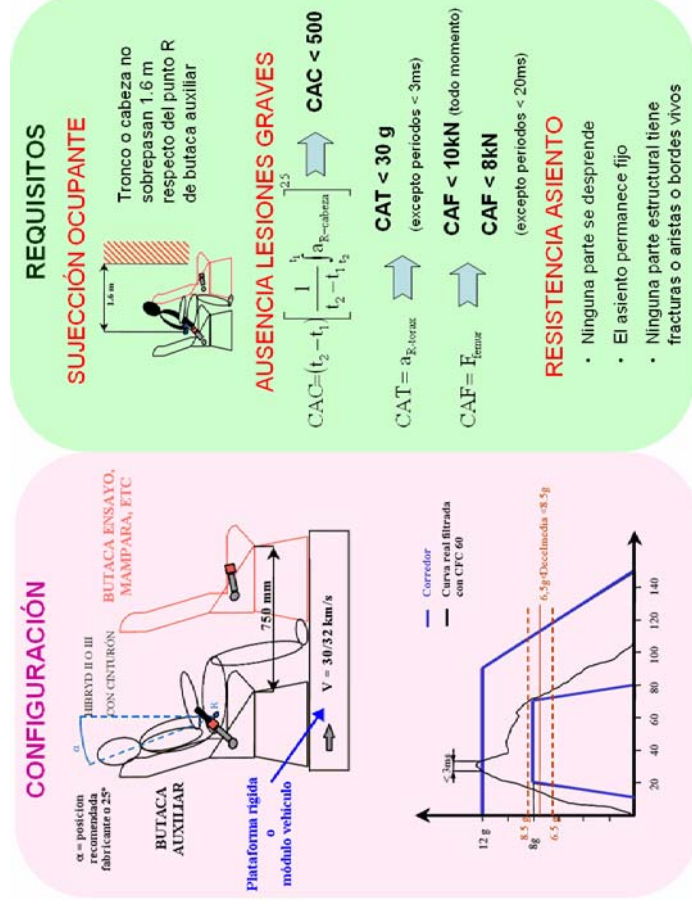
Ensayo dinámico 2.

Este ensayo es análogo al anterior ensayo (dinámico 1), pero en este caso el maniquí de impacto debe ser atado con el correspondiente cinturón de seguridad. En el caso de que la butaca (o mampara) destinada a ser ensayada no fuese susceptible de ser golpeada por un ocupante, o si la butaca trasera lleva incorporado un cinturón de tres puntos, no sería necesario realizar este ensayo. En el caso que la excepción corresponda a llevar detrás una butaca con cinturón de tres puntos se ha de cumplir que:

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

- a) La butaca posterior supere la Directiva 76/115/CEE (sin excepción), esto es anclajes de cinturones.
- b) La butaca destinada a ensayo supere el ensayo de absorción de energía.

Para considerar que el ensayo ha sido superado correctamente, se deben cumplir los mismos requisitos expuestos para el ensayo anterior.



Características del ensayo dinámico 2.

Ensayo estático 1.

La finalidad de este ensayo es equivalente a la del primer ensayo dinámico, esto es, determinar si los asientos son capaces de soportar la carga de los ocupantes que viajan sueltos cuando impactan contra el asiento precedente y comprobar que el ocupante no sufre lesiones de gravedad, así como asegurar que los soportes son resistentes.

Este ensayo estático simula las cargas de los ocupantes sueltos sobre la butaca en la zona de las rodillas y del torso. Para ello, se aplica una fuerza a través de unas superficies cilíndricas con un radio de curvatura de 82 mm, con una achura del respaldo del asiento de 320 mm para la parte inferior.

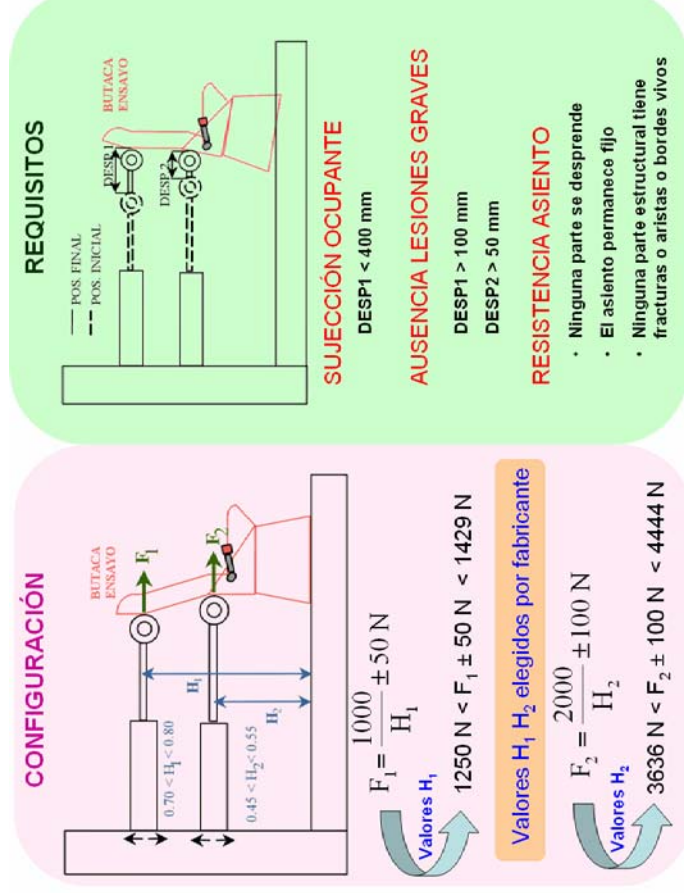
Para considerar que el ensayo ha superado los requerimientos, debe cumplir que:

- el desplazamiento máximo a la altura de tórax sea inferior a 400 mm.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

- el desplazamiento a la altura de tórax sea superior a 100 mm.
- el desplazamiento a la altura de rodillas sea superior a 50 mm.
- ninguna parte del asiento, soporte o accesorios se desprenda.
- el asiento permanezca fijo aunque algún anclaje se haya desprendido parcialmente durante el ensayo.
- Ninguna parte estructural del asiento o accesorios presenta fracturas, aristas vivas o bordes puntiagudos.

A continuación se muestra un esquema con la configuración y requerimientos para este ensayo.



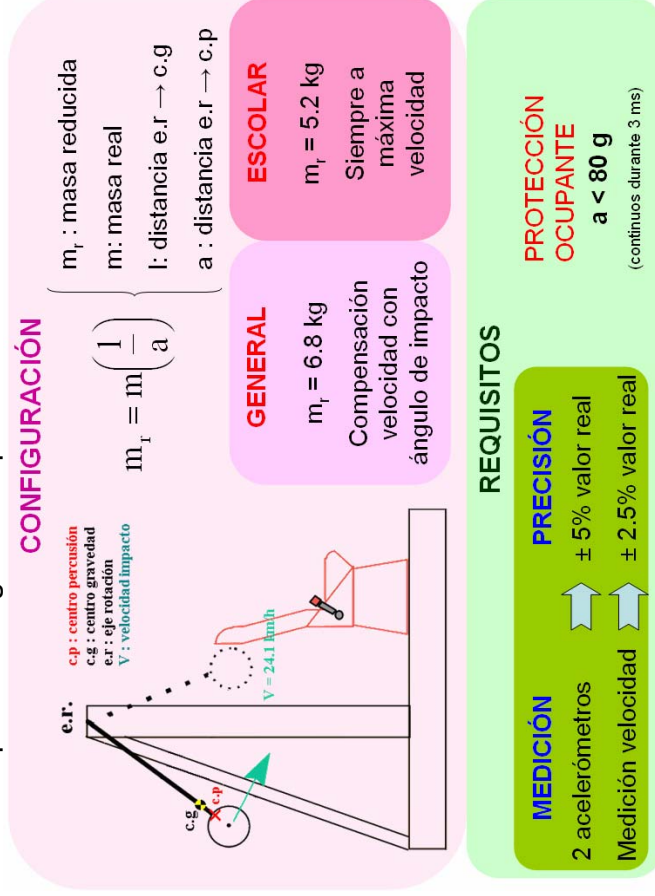
Características del ensayo estático 1.

Absorción de energía.

El ensayo de absorción de energía está regido por la directiva 74/60/CEE de acondicionamiento interior. Entre otras características, se impone a las butacas que sean capaces de disipar la energía del impacto que los ocupantes puedan ocasionar frente a las butacas, con el fin de que sea la butaca quien absorba la energía del impacto y no el cuerpo humano, limitando así las lesiones que se puedan producir. En concreto, este ensayo consiste en el impacto de un péndulo sobre la zona de la butaca que se desea ensayar. La forma del péndulo debe representar la forma de una cabeza, esto es que tenga forma rígida y semiesférica de radio 165 mm.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

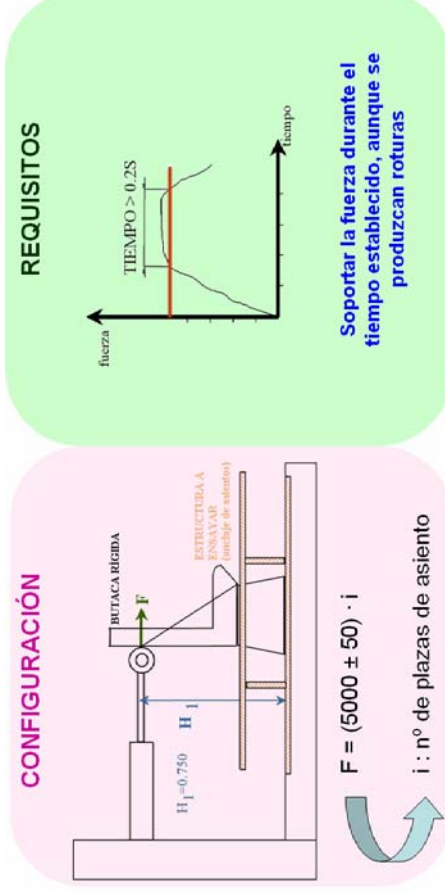
Registrándose el nivel de deceleración de la falsa cabeza, se determina si la butaca ha sido capaz de disipar la energía del impacto.



Ensayo estático 2.

Este ensayo se utiliza para comprobar la resistencia de los anclajes de las butacas. Para ello, se coloca otra estructura sobre la estructura sometida a los ensayos, la cual debe ser suficientemente rígida y representativa del asiento que vaya a utilizarse en el vehículo.

El ensayo consiste en aplicar, mediante un cilindro, una fuerza equivalente a la del ensayo estático 1 e incrementada en un 20%, o la de las cargas medidas en los ensayos dinámicos. La aplicación de la fuerza debe aplicarse lo más rápidamente posible y los anclajes deben soportar dicha fuerza al menos 0.2 segundos. Para que este ensayo se considere satisfactorio, se aceptará que se produzca una deformación permanente (incluida rotura) de un anclaje siempre que haya soportado la fuerza durante todo el periodo establecido.



Características del ensayo estático 2.

4.2.2 Sistemas de retención infantil (SRI).

Los dispositivos de retención de niños están regulados actualmente por el reglamento ECE R44. El ámbito de aplicación de este reglamento está definido para vehículos M₁, sin tener en cuenta otras categorías de vehículos, por lo que dada la complejidad de la instalación y su especial configuración, se deberían definir una serie de ensayos más acordes con las características de los vehículos a los que los SRI irán instalados. Este factor es de vital importancia debido a que los requerimientos exigidos para los vehículos M₁ son superiores a los de autocares, puesto que los esfuerzos, velocidades y aceleraciones en un impacto son diferentes para vehículos de diferentes categorías.

Aún así, puesto que los sistemas de retención infantil deben estar homologados según el reglamento ECE R44, se detallan a continuación los puntos más importantes a tener en cuenta para llevar a cabo el presente estudio.

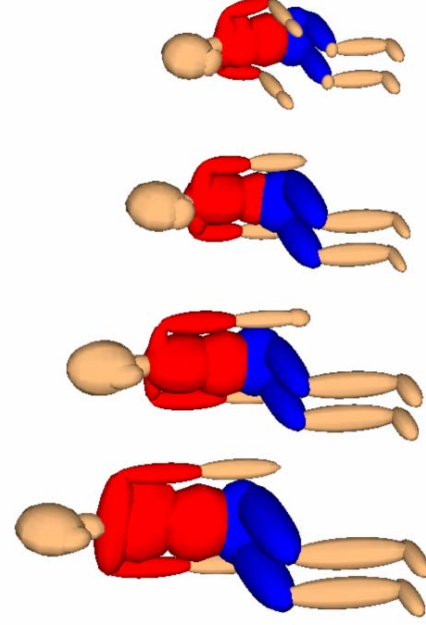
Antropometría infantil.

En este apartado se mostrarán unas nociones básicas de antropometría infantil, las cuales serán necesarias para un mayor entendimiento de los requerimientos y requisitos impuestos a los sistemas de retención infantil.

Se describirá la antropometría infantil (masas y dimensiones) de los maniqués de impacto utilizados para la realización de ensayos del presente reglamento, para las edades de 1.5, 3, 6 y 10 años. En cuanto a las dimensiones de los maniqués, a continuación se muestran las más relevantes para este estudio. Estas dimensiones son la altura total y la altura en posición sentada. Como medida de referencia, un maniquí adulto pesa 77.70 kg y tiene una altura sentada de 884 mm.

Parte cuerpo	Masa (kg)			
	18 meses	3 años	6 años	10 años
Cabeza + cuello	2.73	2.70	3.45	3.60
Tronco	5.06	5.80	8.45	12.30
Brazos	0.54	1.10	1.85	2.00
Antebrazos	0.5	0.70	1.15	1.60
Muslos	1.22	3.00	4.10	7.50
Piernas	0.96	1.70	3.00	5.00
TOTAL	11.01	15.00	22.00	32.00
Dimensión	Altura (mm)			
	18 meses	3 años	6 años	10 años
Altura sentado	495	560	636	725
Altura total	820	980	1166	1376

Tabla 2. Masa y principales dimensiones de los diferentes elementos de los maniqués de impacto infantil (ECE R44).



Representación sentada de los modelos de CAD de los maniqués de 10, 6, 3 y 1.5 años.

Tipos de SRI.

Como se ha puesto de manifiesto anteriormente, los pesos y medidas que entran en juego para la retención infantil varían mucho según la edad de los mismos. Es por ello que no existe un único dispositivo infantil capaz de retener eficazmente a un niño con independencia de su peso o estatura. Para ello se establecen diferentes grupos de

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

masa en los cuales se considera que el SRI debe funcionar adecuadamente para cualquier niño dentro del margen de peso impuesto. Estos grupos son:

- Grupo 0: Niños con un peso inferior a 10 kg.
- Grupo 0+: Niños con un peso inferior a 13 kg.
- Grupo I: Niños con un peso entre 9 kg y 18 kg.
- Grupo II: Niños con un peso entre 15 kg y 25 kg.
- Grupo III: Niños con un peso entre 22 kg y 36 kg.

Además, los SRI pueden ser de categoría “universal”, “semiuniversal”, “restringido”, “específica para el vehículo” e “ISOFIX”³). El presente estudio se centrará en los sistemas de retención de la categoría “universal”, puesto que son los sistemas que se pueden usar con cinturón de seguridad para adultos de forma que satisfaga las prescripciones del reglamento ECE 16R (o equivalente).

Aunque se ha demostrado que el sistema ISOFIX es más seguro, ya que reduce tanto el ángulo de cabeceo de la silla cuando se utiliza en combinación con un soporte superior de la silla, como el desplazamiento longitudinal de la misma en todos los casos, la utilización del soporte superior presenta mayores dificultades en cuanto a su incorporación en los autocares que en los turismos. Esto es debido a que en los autocares casi siempre existe una fila de asientos más retasada, y tanto el espacio como las posibilidades de colocar un soporte superior en las butacas de los autocares para los SRI se ven muy reducidas. Si no se utiliza el soporte superior, el menor ángulo del cojín de las butacas de los autocares respecto al banco del R44 aumentaría notablemente el cabeceo hacia delante de la silla y la rotación de la cabeza del niño, no pudiéndose asegurar a priori que no se produzca contacto de la cabeza con el respaldo delantero.

A continuación se describirán sucintamente los dispositivos más frecuentes para cada grupo másico (del I al III, puesto que son los que corresponden a los grupos de edad estudiados). Más adelante se hablarán de los diferentes sistemas de retención que incorporan o pueden incorporar los autocares.

El Grupo I corresponde a las sillas integrales que podrían aplicarse tanto en el sentido contrario a la marcha como en la misma dirección. Incorporan un cinturón propio para retener al niño (de 3 ó más anclajes), mientras que el cinturón de seguridad del vehículo se emplea para sujetar la silla al vehículo.

El Grupo II abarca las sillas integrales con cinturón de seguridad o con cojines elevadores con respaldo, ambas sólo útiles con el ocupante sentado en el sentido de

³ ISOFIX: Es un sistema de sujeción estándar (ISO) para las sillas de seguridad de los niños. Este sistema lleva unos anclajes fijos en la carrocería del vehículo permitiendo un montaje más rápido y sencillo de las sillas infantiles.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

la marcha del vehículo. En el caso del cojín elevador con respaldo se utiliza el propio cinturón de seguridad del vehículo para retener al niño, lo que permite mejorar el contacto o zonas de contacto del cinturón de seguridad con el niño.

Finalmente, el Grupo III corresponde a alzas, cojines o ajustadores del cinturón de seguridad. Al igual que el grupo anterior, es el propio cinturón del vehículo el que sujeta al niño. Los asientos integrados en automóviles o los sistemas que modifiquen los puntos de anclaje de los cinturones también se considera que pertenecen a este grupo.

Banco de ensayo.

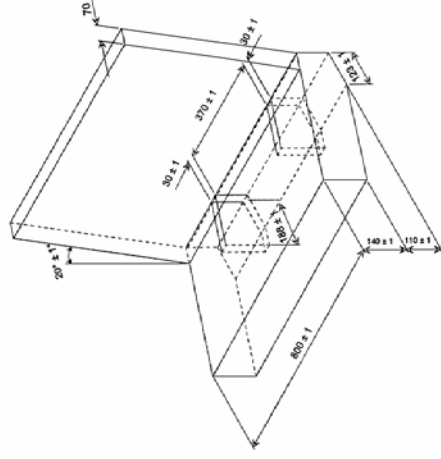
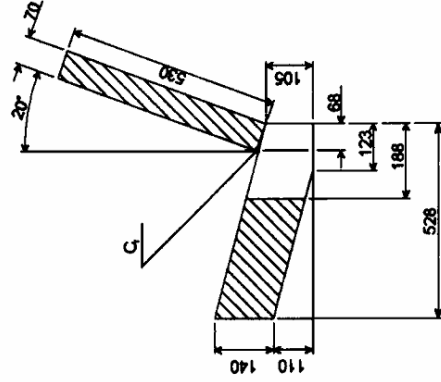
La homologación de los sistemas de retención infantil (como conjunto) conlleva, entre otros, la realización de una serie de ensayos. Hay un total de tres ensayos diferentes que hay que realizar:

- Ensayo de **corrosión**, en los que los elementos metálicos son introducidos en una cámara con solución salina en la que se dejará la muestra durante 50 h \pm 5 h. Transcurrido este tiempo, no deberá constar ninguna deterioración susceptible de afectar al funcionamiento, ni ninguna corrosión apreciable.
- Ensayo de **vuelco**. Se trata de un ensayo cuasi estático, en el que se fija el SRI al asiento de ensayo o vehículo y se monta un maniquí de impacto. Se hace girar el dispositivo un ángulo de 360° (con una velocidad angular de 2 a 5°/s). Se repite el ensayo cambiando el sentido de rotación, y finalmente se realizan otros dos ensayos cambiando el eje de giro (es decir, se realizan los ensayos con ángulos de cabeceo y de balanceo).
- Ensayo **dinámico**. Se trata de una simulación de un impacto longitudinal (frontal y trasero), en el cual el SRI junto con un maniquí debe soportar los esfuerzos del ensayo y una serie de criterios de lesión. Debido a que el dispositivo se homologa para cualquier vehículo (M₁), el SRI se monta en un banco de ensayo, de forma que se evitan las diferentes geometrías de las butacas de los vehículos. El objetivo del ensayo es comprobar la resistencia del dispositivo y si es capaz de retener eficazmente al ocupante. Posteriormente se explicará con más detalle las características de este tipo de ensayo.

Por lo tanto, para la realización de los ensayos dinámicos es necesario un banco de ensayos que simule “cualquier” butaca de vehículo. Puesto que el ensayo dinámico es el que analiza la correcta sujeción de los ocupantes infantiles, es de vital importancia

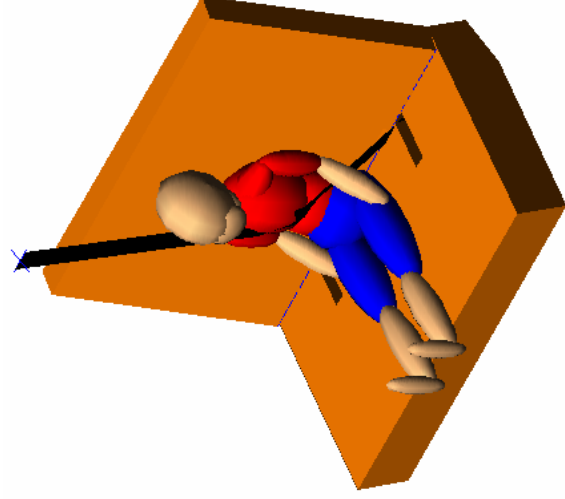
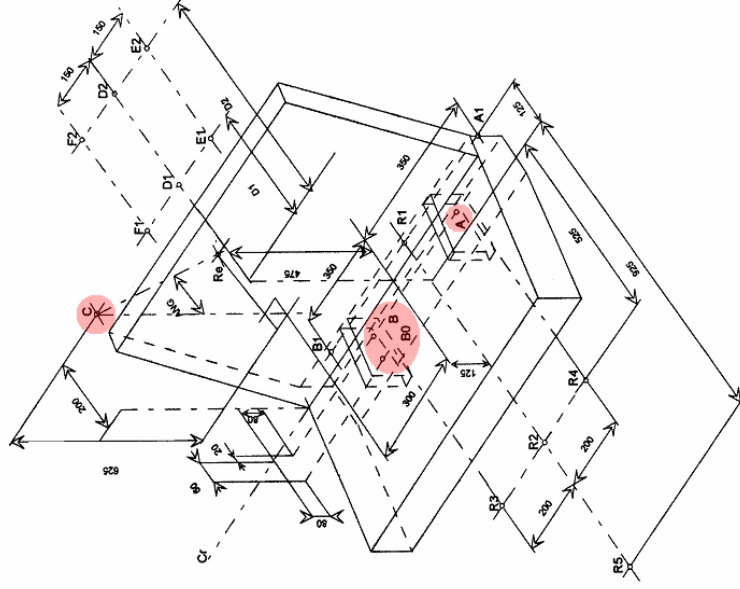
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

para el presente estudio la descripción del banco de ensayos para comprobar las discrepancias o semejanzas con las butacas de autocar.
El banco de ensayos consta fundamentalmente de un cojín y un respaldo. El ángulo del cojín respecto a la horizontal es de 15°, mientras que el del respaldo frente a la vertical es de 20°. Esto supone que el ángulo formado entre cojín y respaldo es de 95°. A la hora de definir el banco de ensayo es muy importante la intersección del cojín con el respaldo, denominada "línea C". En la figura siguiente se muestran las dimensiones básicas del banco de ensayo. Cabe destacar que tanto la espuma como la tela que lo envuelve tienen unos requisitos específicos definidos en la normativa, afín de evitar cualquier variabilidad respecto de la tela o el material absorbente.



Dimensiones del banco de ensayos. ECE R44.

A continuación se muestran los puntos de anclaje para los cinturones de seguridad, que se corresponden con las marcas: A, B, B0, C. En el caso del cinturón de tres puntos se utilizarían A, B0 y C, mientras que para un cinturón de dos puntos serían A y B.



Puntos de anclaje de cinturones (ECE R44) y ejemplo de localización con niño de 3 años.

Ensayo dinámico.

Para asegurar una correcta retención de los dispositivos hacia los ocupantes infantiles, se realizan ensayos dinámicos que simulan una colisión frontal y una colisión trasera. Debido a que la homologación de los sistemas de retención infantil está dirigida a vehículos de la categoría M₁, las características de los pulsos son:

	Velocidad (km/h)	Distancia de frenado (mm)
Colisión frontal	50 ⁺⁰ ₋₂	650 ± 50
Colisión trasera	30 ⁺² ₋₀	275 ± 25

Tabla 3. Características principales de los ensayos dinámicos (ECE 44R).

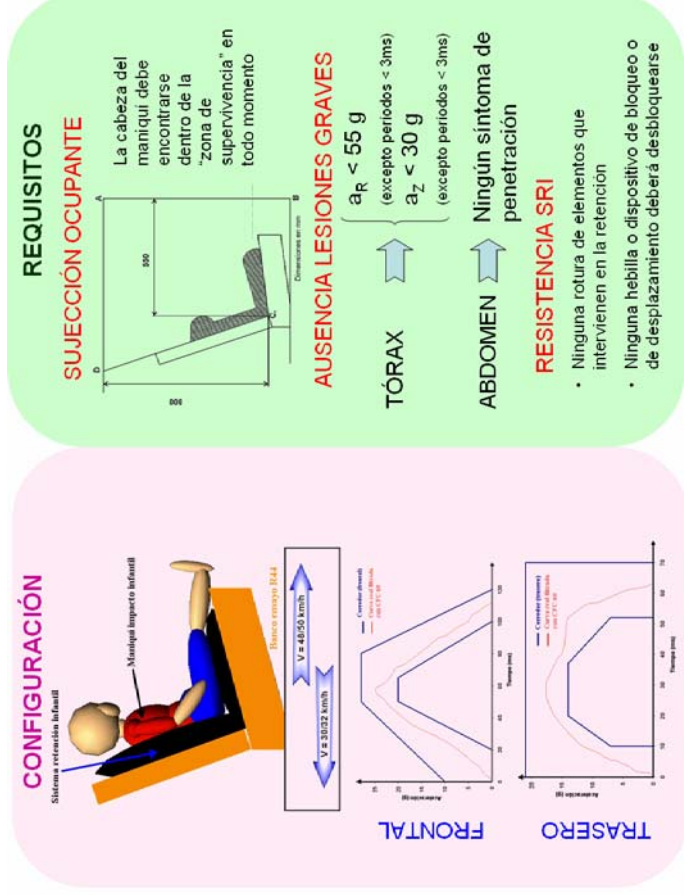
En la siguiente figura se muestra un croquis con la configuración y los requisitos más importantes que deben satisfacer los ensayos dinámicos para dispositivos infantiles

situados en el sentido de la marcha ⁽⁴⁾. Como se ha mencionado anteriormente, la finalidad de este ensayo es determinar la correcta sujeción que los dispositivos son capaces de ofrecer a los ocupantes infantiles. Para ello se realizan impactos frontales y traseros con unas curvas de deceleración análogas a las que tendría el vehículo en este tipo de colisiones. Para verificar la correcta sujeción ha de cumplirse que:

- la cabeza del maniquí no debe superar en ningún momento el área delimitada por un plano 550 mm hacia delante y 800 mm hacia arriba respecto al C_r (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** siguiente). Mediante este requisito se garantiza que no existirá un contacto de la cabeza del menor con los respaldos delanteros, o en su caso con el salpicadero. Este aspecto es de gran importancia, ya los maniqués de la serie P están diseñados de forma que no se contempla la existencia de contacto directo de la cabeza con ningún elemento del vehículo en los impactos frontales. Así pues, no se le exige ninguna biofidelidad ni certificación a la cabeza, y no existe criterio de lesión en la cabeza ni en el cuello para el caso de contacto directo con el interior del vehículo. Es por ello que se recomienda la utilización de los maniqués de la serie Q en lo posible durante los ensayos dinámicos.
- el niño no debe tener lesiones graves. Esto es que la aceleración resultante en tórax sea inferior a 55 g (salvo intervalos inferiores a 3 ms) y que la aceleración vertical del tórax (desde el abdomen hasta la cabeza) sea inferior a 30 g (excepto períodos de 3 ms).
- el dispositivo debe ser lo suficientemente resistente. Para ello se debe verificar que ningún componente que participe activamente en la retención del niño haya sufrido roturas y que ninguna hebilla o dispositivo de bloqueo o desplazamiento se desbloquee.

⁴ Para otro tipo de dispositivos, el espacio de supervivencia definido cambia. No obstante, tanto la configuración del ensayo como los diferentes requisitos son los mismos (en cuanto a resistencia del SRI y ausencia de lesiones graves).

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Características del ensayo dinámico del ECE R44.

Cabe destacar que los requerimientos relativos a la ausencia de lesiones mostrados en el Reglamento hacen referencia a los maniquíes de impacto descritos en el mismo. No obstante, estos maniquíes son los denominados "serie P" que fueron desarrollados en los años 70 (excepto el maniquí de 18 meses, P1.5). Actualmente existen nuevos maniquíes de impacto infantiles (la "serie Q"). Debido a que estos nuevos maniquíes son más biofieles (comportamiento más parecido al cuerpo humano) y a la mayor cantidad de sensores o parámetros que son capaces de medir, se utilizarán en la medida de lo posible estos maniquíes en los ensayos dinámicos propuestos en el presente estudio.

4.2.3 Compatibilidad butacas autocares – SRI.

A continuación se analizará la viabilidad de incorporar SRI en las butacas de autocares. El objetivo es verificar si con la homologación de SRI (destinada para la categoría M₁) es suficiente como para adaptarla en autocares. Como punto de partida, los SRI parten de una gran ventaja para su adaptación en autocares, debido a que los pulsos de deceleración que son capaces de soportar son más severos que los propios de los autocares⁽⁵⁾. Esto hace pensar que la estructura del dispositivo aguantará correctamente las posibles sollicitaciones que sufrirán en el

⁵ En autocares la deceleración media se encuentra en el orden de los 7 g, mientras que la deceleración media sometida al SRI se encuentra en el entorno de los 12 g. por lo que los esfuerzos a los que se verían sometidos en autocar serían prácticamente reducidos a la mitad.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

autocar, siempre y cuando haya una compatibilidad geométrica entre los métodos de ensayo de los SRI y los utilizados en autocares. Para ello se comprobarán diferentes aspectos como son:

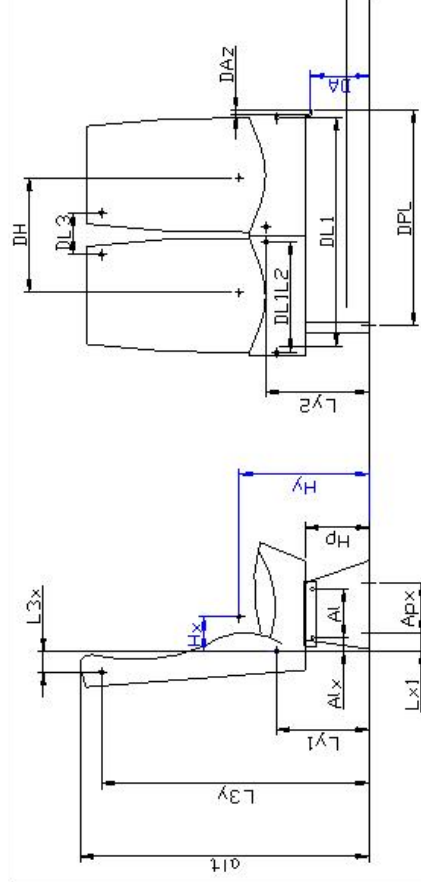
- dimensiones de butacas de autocares y banco de ensayos (ECE R44).
- distancia permitida hacia delante.
- situación de los puntos de anclaje

Los datos de dimensiones y localización de puntos de anclaje de butacas de autocares se han extraído de un análisis de mercado dentro del estudio titulado “Análisis de la influencia de la introducción de cinturones de seguridad en el vuelco de los autocares. Validez de las prescripciones del Reglamento UN-ECE 66”, desarrollado para la “Fundación Instituto Tecnológico para la seguridad del automóvil (FITSA)” por la “Agrupación de Interés Económico Centro Superior de Investigación del Automóvil y de la Seguridad Vial”, con la colaboración del INSIA-UPM (Instituto Universitario de Investigación del Automóvil), finalizado en el año 2004.

Dentro de las diferentes butacas del mercado, se han realizado las medidas mostradas en la figura siguiente. Para el análisis de su compatibilidad, se considerarán:

- DL1L2: Distancia entre los anclajes efectivos inferiores
- Ly1, Ly2: Cotas de los anclajes efectivos inferiores.
- L3y: Cota del anclaje superior efectivo
- L3x: Posición horizontal del anclaje superior efectivo.
- Hx, Hy: Localización horizontal y vertical del punto H.
- DH: Distancia entre puntos H que corresponde con el ancho efectivo de la butaca.
- DL3: Distancia entre los anclajes superiores efectivos.
- alt: Altura de la butaca.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Medidas realizadas sobre butacas de autocar.

Dimensiones

Respecto a las dimensiones de las butacas, debido a que el presente estudio va enfocado a la población infantil, no debería haber ningún problema en lo referente a este aspecto. En efecto, el ancho del cojín de las butacas se encuentra en un margen de 465 ± 15 mm, lo que no supone ningún impedimento ni en la habitabilidad infantil ni en el ancho de los sistemas de retención infantil (que tiene una cota entre puntos de anclaje de 400 mm).

Respecto a la altura de las butacas medida en dirección vertical, ésta se encuentra en el entorno de 600 ± 40 mm (respecto al punto H). Es evidente que si las butacas de autocar están dimensionadas para albergar a una persona adulta, de sobra cubrirá los márgenes de altura de la población infantil. Como referencia, el banco de ensayos tiene una cota respecto al punto H de 423 mm.

En cuanto a los ángulos de banqueta y respaldo, existe un amplio espectro de valores, lo que dificulta la comparación con el banco de ensayos del Reglamento 44. En general, las banquetas de autocares están ligeramente inclinadas (del orden de 5°), mientras que el ángulo del respaldo también tiene amplias variaciones (en un margen de 15 a 25°). Por lo tanto, el ángulo de respaldo del banco de ensayo para SRI se encuentra dentro del margen de lo que ofrecen las butacas de autocar, mientras que la banqueta se encuentra algo más inclinada con respecto a los asientos de autocares, lo cual incrementará el desplazamiento hacia delante y hacia abajo del SRI cuando sean utilizados en los ensayos dinámicos con butacas de autocar.

Distancia frontal permitida

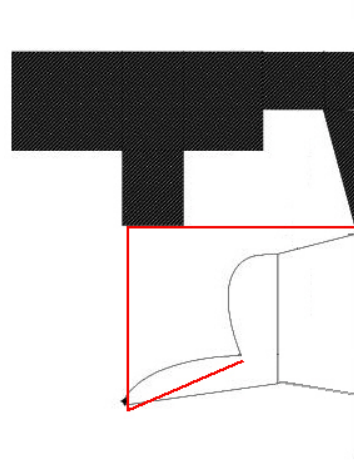
Tal y como se mostró anteriormente, existe un espacio mínimo para los viajeros. Puesto que el ECE 44R establece un espacio de supervivencia para el niño en el caso de impacto frontal, es interesante comprobar como se encuentran ambos espacios, de

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

forma que si el espacio de supervivencia queda dentro del espacio ofrecido en autocares se dispone de una zona suficiente para asegurar la seguridad del niño. Como se puede observar en la imagen siguiente, el espacio de supervivencia reflejado en el ECE R44 queda dentro de las especificaciones de espacio para viajeros sentados en la Directiva 2001/85/CE. Además en el caso de que se sitúen las butacas una a continuación de la otra, debido al espacio mínimo entre asientos (650 mm para la Clase B y 680 mm para la Clase III), nuevamente el espacio de supervivencia se encuentra dentro de estas distancias. Por último, hay que tener en cuenta que el espacio de supervivencia del ECE R44 se encuentra definido para ensayos cuya velocidad inicial es de 50 km/h frente a los 30 km/h de los de autocar, por lo que aunque se encuentre en la zona límite, aún queda margen de seguridad suficiente.

Como contrapartida, hay que recordar que la zona definida en el R44 está pensada para dispositivos colocados en el mismo sentido de la marcha. Estos dispositivos llevan al menos los tres puntos de anclaje del cinturón de los vehículos M₁, y en el caso de que lleve SRI (por ejemplo del Grupo I), ésta lleva incorporados sus propios cinturones con 3, 4 ó hasta incluso 5 puntos de anclaje, lo que significa una mayor retención que en el caso de autocares no se produciría. También es importante resaltar que las especificaciones de distancia de seguridad del R44 están pensadas para asientos con cinturones de tres puntos, pues los M₁ tienen por obligación montar este tipo de cinturones.

En el caso de las butacas de autocar, se pueden montar cinturones de dos puntos, con lo cual se verán alteradas las condiciones de utilización de los SRI respecto a las que han sido homologados. Es por ello que en los ensayos dinámicos se ha incluido la configuración de butacas con cinturones de dos puntos.



Espacio mínimo de viajeros frente al espacio de supervivencia del ECE R44.

Puntos de anclaje.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

Respecto a los puntos de anclaje del banco de ensayo del R44, cabe mencionar que se encuentran dentro de las zonas permitidas para los anclajes efectivos en M₃. Aún así, la zona permitida para la localización de anclajes de cinturones es muy amplia y sería más interesante comparar los puntos de anclajes reales de las butacas de autocares con los puntos de anclaje del banco de ensayos.

Se ha encontrado una gran discrepancia respecto a la localización de los puntos de anclaje de las butacas de autocar, si bien para poder comparar estos puntos de anclaje con los del banco de ensayo del R44 se tomarán unos valores medios de forma que se podrán hacer algunas estimaciones.

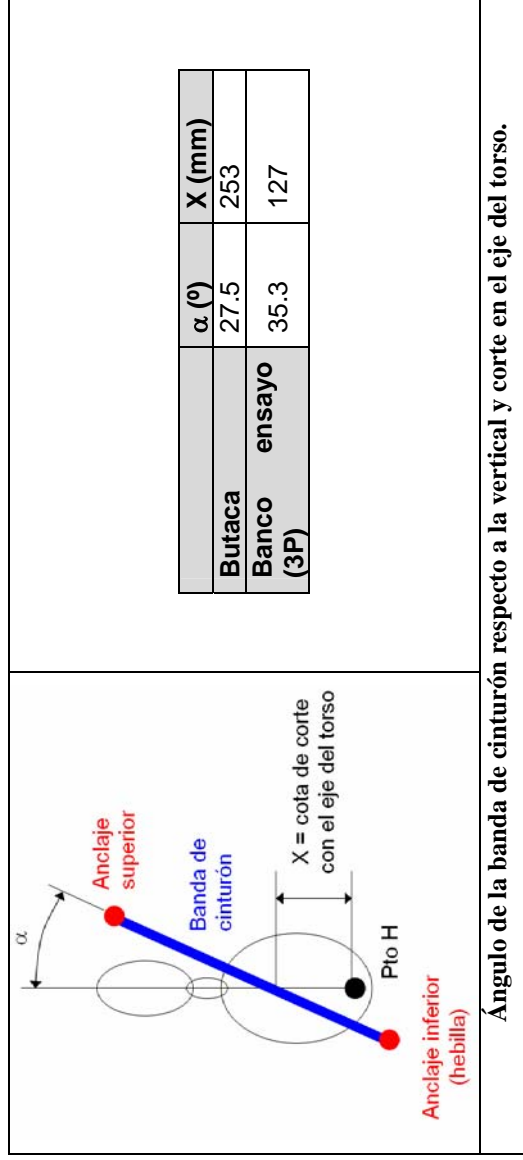
Para realizar el análisis, se toma un sistema de coordenadas cuyo origen corresponde con el punto H de la butaca, el eje X positivo corresponde con el sentido de la marcha, el Z positivo corresponda con la altura y el eje Y de forma que salga un triedro según la regla de la mano derecha. Las posiciones estimadas (para butacas) de los anclajes efectivos son:

Anclaje inferior 1 (lado opuesto hebilla)			
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Butaca	-8	± 220	-155
Banco ensayo	-20	± 200	-135
Anclaje inferior 2 (lado hebilla)			
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Butaca	-8	± 220	-170
Banco ensayo (3P)	-100	± 200	-155
Banco ensayo (2P)	-20	± 200	-135
Anclaje superior efectivo			
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Butaca	-315	160	560
Banco ensayo	-280	300	550

Localización de los anclajes efectivos.



A la vista de los resultados obtenidos, los puntos de anclaje inferiores tienen pequeñas diferencias, si bien no son muy significativas. En el banco de ensayos se encuentran algo más juntos que en las butacas y en posiciones algo más retrasadas (en especial en la configuración de 3 puntos marcada en el reglamento en la que se utiliza otro anclaje inferior). Respecto al anclaje superior, la altura es similar, mientras que la distancia horizontal se encuentra algo más retrasada en las butacas de autocares que en el banco de ensayo. Sin embargo, el mayor cambio se produce en el desfase lateral, puesto que la distancia lateral en el banco de ensayos es prácticamente el doble que en butacas. Esto produce variaciones en el ángulo que forma la banda del hombro del cinturón con la vertical del torso, siendo más agudo en butacas que en el banco de ensayos.



Ángulo de la banda de cinturón respecto a la vertical y corte en el eje del torso.

A la vista de estos resultados, es posible determinar cual sería la altura del cojín o el ajuste necesario para cada tipo de edad para que la banda quedase correctamente ajustada en el esternón. Nuevamente hay que recordar que existen grandes discrepancias con las localizaciones de los anclajes de cinturones y en especial con el anclaje superior. Por lo tanto, las conclusiones obtenidas son válidas para el valor medio analizado, si bien se dispone de una herramienta sencilla para poder evaluar cual es la altura geométrica óptima para el correcto posicionamiento de la banda de hombro del cinturón de seguridad.

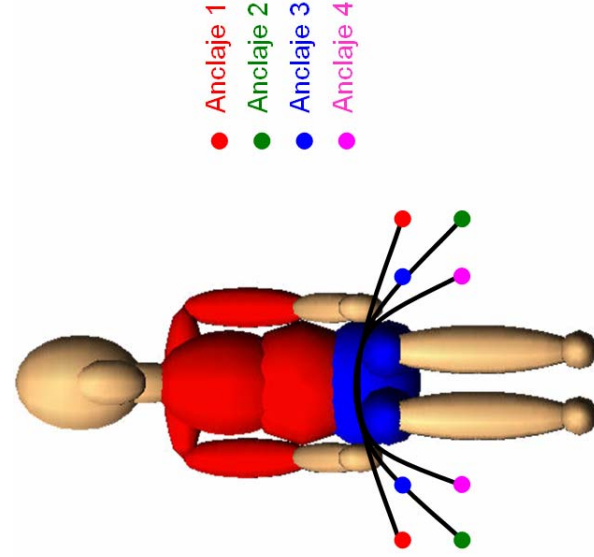
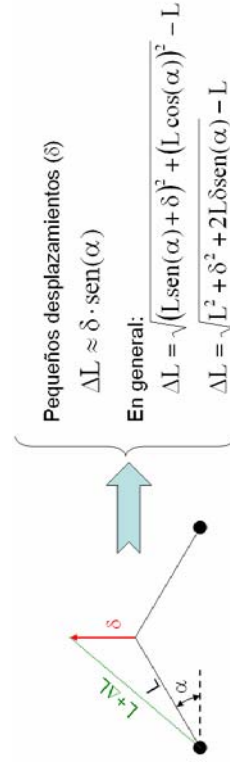
Aunque existe una gran discrepancia en el posicionamiento de los anclajes de cinturón, es posible dar unas recomendaciones o pautas a seguir para intentar mejorar el contacto geométrico del cinturón de seguridad, siempre dentro de los requerimientos de la normativa en cuanto a la localización de los anclajes de cinturón. Es por ello que a continuación se realizará un análisis de la influencia que tiene la localización de los puntos de anclaje (tanto los inferiores como los superiores). Primeramente se analizarán los anclajes efectivos inferiores, para finalizar con la localización del anclaje superior.

Anclajes inferiores.

En general, los anclajes efectivos inferiores deben encontrarse en la posición más baja posible y algo retrasados. El motivo reside en que al colocar los anclajes inferiores en una posición baja, el cinturón subabdominal es capaz de abrazar (⁶)

⁶ En general cuanto mayor es el ángulo de abrazada mejor es la retención del ocupante. Esto es debido a que la correa del cinturón trabaja a tracción. Con un modelo sencillo de hilos que se muestra a continuación, queda de manifiesto que al incrementar el ángulo α , para un mismo desplazamiento δ se incrementa el alargamiento ΔL . Lo que implica que para un mismo nivel de esfuerzo (o equivalentemente ΔL) se tiene una menor flecha (δ), por lo que se produce una mejor retención del

mejor al ocupante (prácticamente con independencia de la distancia de la distancia que mantenga éste con los anclajes inferiores). El motivo de retrasar el cinturón reside en que consiga que el ángulo de abrazada se consiga en el arco pélvico (que es la zona más resistente en esa región del cuerpo y por lo tanto la óptima para colocar el cinturón de seguridad). A continuación se muestra un ejemplo de las diferentes posibilidades de localización de los anclajes inferiores.



Posibles localizaciones de los anclajes inferiores (modelo CAD de niño de 6 años), influencia lateral y vertical de los mismos.

Como se puede observar en la figura anterior, se han considerado cuatro posibles posiciones de los anclajes inferiores. Estas posiciones se encuentran divididas a dos distancias (laterales) y a dos alturas. El ángulo de abrazada del cinturón subabdominal con el “anclaje 1” es algo deficiente, sin embargo este ángulo es mejorado por los tipos de anclajes 2 y 3, con una sujeción equivalente. Es decir, es

ocupante. A continuación se representa el modelo de hilos, en los que un mayor ángulo α es equivalente a un mayor ángulo de abrazada.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

posible mejorar un ángulo deficiente de abrazada en el cinturón subabdominal si se reduce la distancia entre los anclajes inferiores o si se llevan a una altura más baja. Por último el “anclaje 4” es el que mayor ángulo de abrazada produce.

La distancia entre los anclajes inferiores viene limitada por dos valores extremos. Deben encontrarse a una distancia mínima de 240 mm, mientras que la distancia máxima corresponde con la que tenga la banqueta del asiento, que a la vez su distancia mínima se encuentra en los 450 mm (para la *Clase III*). Generalmente los fabricantes no realizan butacas mucho más anchas de lo que impone la norma, por lo que supone que el ancho de la butaca es un límite superior para la distancia entre anclajes inferiores (naturalmente el anclaje inferior se encuentra dentro de la butaca y por tanto la distancia entre anclajes será algo inferior). Por otro lado, la altura de los anclajes viene limitada por la altura del cojín, tanto si se encuentran dentro del mismo como si se encuentran en el lateral de la butaca. Por lo tanto, la altura de los anclajes inferiores no dispone de mucho margen de variación.

De las posibles configuraciones mostradas en la figura anterior, los anclajes 3 y 4 tienen una distancia pequeña, lo cual desde el punto de vista de la seguridad sería satisfactorio. Sin embargo, como los anclajes inferiores suelen incorporarse en el cojín, proporcionaría situaciones de confort incómodas para los ocupantes. En cambio, la distancia de los anclajes 1 y 2, desde el punto de vista de la comodidad del pasajero (adulto) es aceptable, si bien la configuración del anclaje 2 es mejor desde el punto de vista de la seguridad.

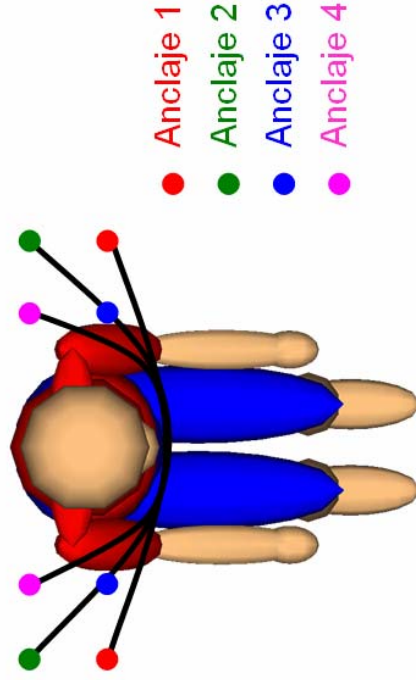
Teniendo en cuenta que los cojines o alzas elevan la posición vertical del ocupante infantil, esto produce el mismo efecto que bajar los puntos de anclaje, de forma que con una variación de la altura del cojín se puede conseguir un mejor ángulo de abrazada con el cinturón subabdominal.

En la siguiente fotografía se muestra el análisis de la influencia del desplazamiento de la posición horizontal y lateral del anclaje. En esta ocasión se representan cuatro posibles localizaciones de los puntos de anclaje, en las que el desfase lateral representado es el mismo que en el análisis anterior. Nuevamente, analizando el ángulo de abrazada (en este caso en un plano perpendicular al anterior) se pueden observar de forma cualitativa las configuraciones que a priori mejor comportamiento tendrían en la sujeción de ocupantes (los anclajes 1 y 2 se encuentran a una distancia lateral más amplia que los anclajes 3 y 4). Como se puede observar en la imagen, la sujeción más deficiente se produce en el anclaje tipo 1. Una posible mejora se introduce tanto si acercamos lateralmente los puntos de anclaje inferiores (anclaje 3) como si los retrasamos horizontalmente (anclaje 2), de esta forma se observa un comportamiento similar del cinturón subabdominal. Sin embargo, aunque la configuración del anclaje 4 (posición más retrasada y con menor distancia) ofrece los mejores resultados, al igual que en el caso anterior, esta configuración no es viable en las butacas de autocar.

En las configuraciones actuales de butacas de autocar, los anclajes efectivos inferiores se sitúan suficientemente retrasados (se suelen colocar en la zona más

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

retrasada de la banqueta e incluso prácticamente en la unión de la banqueta con el respaldo). En el análisis se ha comprobado que existe una solución de compromiso entre acercar los puntos de anclaje y retrasarlos horizontalmente. Por lo visto en los análisis bidimensionales de los anclajes inferiores, sería deseable minimizar la distancia entre los anclajes (si bien la distancia en las butacas actuales se encuentra en un rango de valores satisfactorio), así como bajar y retrasar en la medida de lo posible los anclajes inferiores (si bien está limitado por la profundidad de banqueta y respaldo y no se debe infringir los ángulos marcados con anterioridad). Análogamente al caso anterior (con alzas o cojines), existe una posibilidad de retrasar el punto de anclaje inferior dependiendo de la talla del ocupante, lo cual se consigue con respaldos, de forma que adelantan la pelvis infantil respecto a los anclajes inferiores. De esta forma, los sistemas de retención infantil con forma de sillita podrían cumplir las dos funciones buscadas en el caso de que fuese necesario. Sin embargo, sería preferible una posible modificación de los puntos de anclajes para que no hiciesen falta SRI (del tipo sillita), de forma que con un simple cojín (que podría estar incluso incorporado a la butaca), fuese posible mejorar la retención de los ocupantes y así facilitar su posible implantación en autocares.



Influencia del la posición horizontal y la altura en los anclajes inferiores.

Anclaje superior.

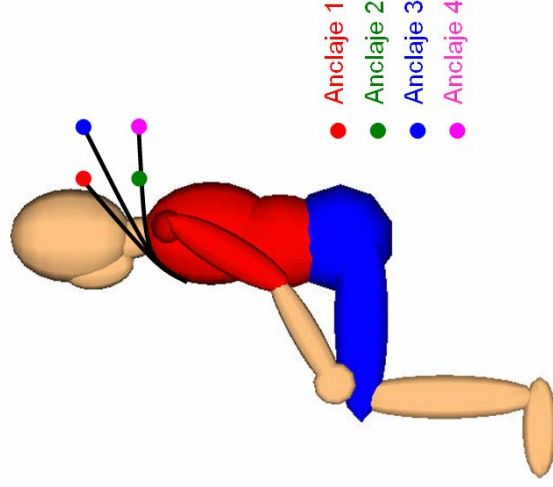
A continuación, se realizará un estudio sobre cuál es la influencia de la localización del punto de anclaje superior. En términos generales, se puede decir que cuanto más bajo y retrasado se encuentre el anclaje superior del cinturón, mejor retención se ofrece. En cuanto al desplazamiento lateral, cuanto más cercano esté al eje del torso (sin invadir la zona del ocupante) también se conseguirá una mejor sujeción del ocupante. La separación lateral del anclaje superior efectivo está limitado según la normativa a 140 mm. Teniendo en cuenta que el ancho mínimo de las butacas de autocar se encuentra en 450 mm (asiento inclinado) y que el tercer punto se sitúa

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

dentro del respaldo de la butaca, esto implica una distancia máxima del entorno de los 225 mm. Este valor se sitúa en los 160 mm, por lo tanto se puede decir que la distancia lateral del anclaje superior efectivo se encuentra suficientemente pegado al cuerpo. La localización horizontal se encuentra claramente restringida por el espesor del respaldo, siendo inviable retrasar el tercer punto de anclaje ⁽⁷⁾. Sin embargo, podría ser factible bajar algo el tercer punto de anclaje (el límite por normativa se sitúa en los 450 mm respecto al punto H), ya que en los modelos actuales éste se sitúa en valores cercanos a los 560 mm.

En un primer análisis se calculará la influencia vertical y horizontal del anclaje superior del cinturón (figura siguiente). En la figura se puede observar como el primer anclaje (Anclaje 1) es el que ofrece una colocación más deficiente. Sin embargo, retrasando el punto de anclaje (Anclaje 3) se consigue una mejor colocación del cinturón diagonal. Otra posibilidad es bajar altura de este punto de anclaje (Anclaje 2), consiguiendo grandes mejoras (incluso superiores al las del anclaje 3). Aunque cabría esperar que retrasando este nuevo anclaje se obtuviesen nuevas mejoras (Anclaje 4), esto no es así debido a que si la altura a la que se encuentra el tercer punto es suficientemente baja, el desplazamiento horizontal del anclaje no produce ventajas significativas. Por lo tanto, bajar el punto de anclaje superior tiene una mayor sensibilidad que realizar un desplazamiento horizontal del mismo. Nuevamente, la incorporación de un cojín o alza hace que el punto de anclaje superior quede relativamente más bajo, por lo que en principio supone una mejor colocación de la banda torácica del cinturón. Un respaldo posterior, supondría un retraso del punto de anclaje, con lo que también se produciría una mejora.

⁷ Esta solución es claramente utilizada en vehículos M₁ de tres puertas, en los que retrasando en mayor medida el tercer punto de anclaje respecto de los vehículos de 4 ó 5 puertas, consiguen unos ajustes aceptables del cinturón sin necesidad del ajuste vertical del tercer punto.

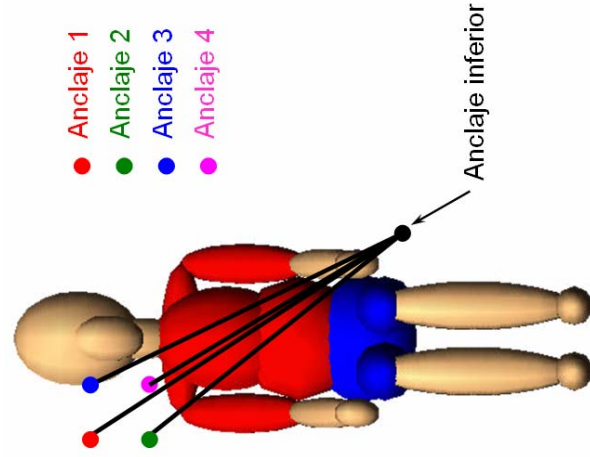


Influencia horizontal y vertical del anclaje superior efectivo.

Una vez analizada la influencia horizontal y vertical de la localización del anclaje superior, se procede a realizar un análisis semejante variando la localización lateral y vertical (figura siguiente). Mediante este estudio bidimensional, se calculó el ángulo de la banda torácica del cinturón sobre el torso. A continuación se analizarán de forma cualitativa las posibles variaciones de este ángulo, así como sus consecuencias. Para que la banda torácica del cinturón retenga satisfactoriamente al pasajero, ésta debe pasar por la clavícula y el esternón, puesto que dentro de la zona de contacto son las zonas corporales más resistentes, no siendo deseable que la banda pase ni por el cuello, ni por el extremo del hombro, ni por el abdomen.

Las localizaciones de los anclajes mostrados en la figura siguiente están situadas a la misma altura que en el estudio anterior. Representando un único anclaje inferior (hebillas), se han modificado tanto la altura como la distancia lateral del anclaje superior. La distancia más próxima al ocupante quizá es demasiado pequeña, si bien se ha representado así para poder verificar su tendencia. Se observa que las configuraciones 1 y 3 son las más adecuadas para esta talla de ocupante. El Anclaje 2 (situado bajo y separado del cuerpo) ofrece un ángulo con respecto al torso algo más elevado (este punto de anclaje es similar a lo que ocurre en el banco de ensayo del ECE R44), ocurriendo que la banda diagonal del cinturón pasa muy al extremo del hombro (con posibilidad de que se escape el brazo en un impacto frontal) y por la zona abdominal (con probabilidades de lesión o daño en esa zona del cuerpo). Finalmente el Anclaje 3 se encuentra más pegado al cuerpo y en la posición más alta. Se obtiene un ángulo de banda respecto al tórax más agudo, si bien el cinturón pasa muy pegado al cuello pudiendo crear abrasiones en cuello y cara, además de una retención a priori más deficiente que en los casos 2 y 3. Por último, un hipotético caso

5 situado en la altura más alta y aún más separado del cuerpo, llevaría a una configuración similar a la mostrada en el Anclaje 2.
Con este análisis se puede observar que debe haber un compromiso mutuo entre el desplazamiento lateral y vertical del tercer punto de anclaje. De nada sirve tener un anclaje más bajo si por el contrario éste se encuentra muy separado (lateralmente) del cuerpo. De todos modos, hay que tener en cuenta que las mejores configuraciones mostradas en la figura (anclajes 2 y 3) han sido las óptimas para una determinada talla de ocupante. Si el ocupante sentado fuese más bajo, la configuración 4 mejoraría convirtiéndose quizás en la más conveniente. Si por el contrario la talla del ocupante fuese mayor, la situación del anclaje 1 mejoraría pudiéndose convertir en la más idónea. Por lo tanto, nuevamente es difícil conjugar ambos requerimientos para cualquier talla de ocupante.



Influencia lateral y vertical del anclaje superior efectivo.

4.3. Revisión del estado del arte y la utilización de los sistemas de retención que incorporan los autobuses y autocares

Los sistemas de seguridad pasiva tienen por objetivo minimizar las consecuencias una vez se ha producido el accidente. En el transporte escolar existen hoy en día dos líneas de actuación totalmente diferentes que pretenden garantizar la seguridad de los ocupantes en este tipo de vehículos: la tendencia americana (donde se definen espacios muy reducidos que impidan la proyección o eyección del ocupante en caso de accidente (“compartimentalización”) y la tendencia europea (donde se exige una

resistencia mínima de la estructura que garantice la invariabilidad de un espacio de supervivencia y se promueve la instalación de sistemas de retención eficaces que garanticen que el ocupante quede retenido dentro de este volumen de protección).

Será en este punto donde se estudiarán los puntos favorables y desfavorables de estas dos líneas de actuación. Así pues se analizará qué consecuencias sufren los ocupantes en caso de impacto frontal en una compartimiento reducido correctamente sentado y en una situación “out of position”, sin hacer uso del cinturón de seguridad en un compartimiento espacioso, haciendo uso del cinturón de seguridad solamente alguno de los ocupantes... así como las consecuencias en estas situaciones en una secuencia de vuelco. A su vez también se estudiará el caso especial del transporte escolar en el que la instalación de sistemas de retención diseñados para adultos puede presentar problemas de incompatibilidad para los ocupantes infantiles (tamaño, resistencia física de los niños,...). Finalmente se estudiará la viabilidad de instalar sistemas de retención adecuados a la anatomía del ocupante.

4.3.1. Tendencia americana

Definición

Los responsables de seguridad pasiva americana optaron por la compartimentación (definición de espacios reducidos que impida en la medida de lo posible la proyección y eyección del ocupante fuera estos compartimientos). Esta técnica surgió entre 1967 y 1972 en Estados Unidos, fruto de estudios sobre la protección y seguridad de los pasajeros en los autocares escolares. Estos compartimientos deben ser capaces de absorber la energía con la que salen despedidos los ocupantes en caso de choque. Al quedar retenidos en el espacio definido por el compartimiento se evita el choque contra otros elementos del vehículo. Es posible encontrar numerosos artículos al respecto en la School Transportation News (www.stnonline.com/stn).

Esta técnica se utiliza principalmente en Estados Unidos donde existen autocares especiales para el transporte escolar. Estos vehículos necesitan de asientos más altos y anchos y su disposición debe ser más compacta (la altura del respaldo ha de ser superior a 28 pulgadas (711 mm) para trabajar correctamente). En cuanto a la absorción de energía durante el accidente, la estructura del asiento será lo suficientemente rígida como para soportar el impacto de un niño, pero todas las partes estarán recubiertas por elementos acolchados que minimicen las consecuencias del choque. Así mismo, se necesitarán anclajes resistentes, para evitar que el asiento se desplace durante la colisión. En la primera fila se instalarán barreras equivalentes al respaldo de un asiento. Los asientos no deberán estar separados más de lo que se define como distancia de seguridad. Es evidente que si separan demasiado, el niño podría ser lanzado muy lejos antes de parar contra el respaldo de delante o, incluso, salir fuera del compartimiento. Así pues, se determinó como distancia óptima de

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

separación 24 pulgadas (610 mm) entre el punto H (cadera) y el respaldo. En los últimos años se está estudiando la posibilidad de rotación de los asientos (reduciendo la fuerza de impacto del ocupante al aumentar la superficie de contacto).

Uno de los principales problemas de la compartimentación del espacio es cuando los ocupantes se sientan fuera o parcialmente fuera de los asientos ya que el habitáculo diseñado a partir de los asientos no protegerá al ocupante ("out of position").

Otro de los problemas objeto de estudio es la situación de vuelco. Una vez definidos los compartimientos correctamente la probabilidad que el ocupante permanezca en este espacio en caso de choque frontal es muy grande. Ahora bien, en el caso de vuelco, la proyección y eyección no está controlada. La reducción del tamaño de las ventanas evitará en la medida de lo posible la eyección fuera del habitáculo (principal causa de las lesiones de mayor severidad).

Esta línea americana necesita del uso de autocares específicos para el transporte escolar (asientos más grandes, zonas acolchadas, separación entre asientos corta, instalación de barreras, reducción del tamaño de las ventanas...). De no ser así, las mamparas, asientos y portaequipajes que definen los compartimentos en autocares y autobuses no diseñados para la compartimentación pueden ser causa de lesiones severas.

Ensayos de validación

Dada la importancia de la seguridad en el transporte escolar, se han realizado numerosos estudios. A continuación se muestra el resultado del estudio 'Evaluación de la retención en los autocares escolares Fase II' realizado por la NHTSA (departamento gubernamental de transporte americano). Este informe se puede encontrar en el Anexo V.

El estudio consistió en la realización de diferentes simulaciones en el laboratorio con dummies. Aquí aparecerá el resultado aplicado a la compartimentación. En los siguientes apartados se detallarán sus correspondientes simulaciones.

Se realizó la simulación de un choque frontal de un autocar compartimentado con dummies equivalentes a niños de 6 años y mujeres, sentados todos correctamente y centrados en sus asientos. La separación entre los asientos era corta (19 pulgadas) y los asientos eran altos. No se consideraron ocupantes en los asientos posteriores que pudieran interferir.

Al inicio de la colisión, el dummy desliza sobre el asiento manteniendo la espalda erguida. Este movimiento continúa hasta que las rodillas o las ante piernas chocan contra el asiento de delante. En este punto, el torso rota hacia delante y hacia abajo,

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

de manera que la cabeza golpea contra el respaldo de delante. El niño, al ser más pequeño, tarda más en golpear que el maniquí que simula la mujer y al hacerlo, produce una deceleración mayor suponiendo un mayor daño. El torso continua la rotación hacia delante mientras que la cabeza se hecha hacia atrás a causa del choque contra el respaldo, hecho que provoca una carga en el cuello. Los hombros llegan a chocar contra el respaldo. Finalmente, el torso contacta totalmente con el respaldo, de manera que se reduce la carga en el cuello. En la figura 2 se puede observar una secuencia del movimiento.



Compartimentación a 0 ms



Compartimentación a 100 ms



Compartimentación a 150 ms



Compartimentación a 210 ms

La gravedad de las lesiones varía en función del espacio de compartimentación. Si el ocupante tiene poca altura, la separación entre asientos debe de ser menor. Del mismo modo, si tiene mucha altura, la altura del respaldo ha de ser suficientemente grande como para evitar que el ocupante acceda a la siguiente fila de asientos o se golpee con la parte superior del respaldo.

4.3.2. Tendencia europea

La principal causa de las lesiones leves en los accidentes de autocares es la colisión del ocupante contra las estructuras rígidas del interior del vehículo, y la principal causa de las lesiones graves y fatales, la eyección parcial o total fuera del habitáculo. Parece claro que cualquier acción encaminada a mejorar la seguridad proporcionada por los autocares debe ir dirigida a evitar en primer lugar la eyección de los pasajeros, y en segundo lugar a evitar los contactos con las partes rígidas del habitáculo.

La línea de actuación europea para la mejora de la seguridad pasiva en el transporte escolar se basa en la garantía de un espacio de supervivencia invariable y una retención de los ocupantes dentro de ese volumen de protección.

En los turismos el más importante sistema de retención diseñado para adultos es el cinturón de seguridad, siendo el reposa cabezas y el airbag complementos muy eficaces para garantizar la protección de éstos. Para los ocupantes infantiles es posible utilizar cinturones de seguridad adecuados a su altura, un cinturón de seguridad diseñado para un adulto en conjunto con un sistema auxiliar que eleve su posición y permita al cinturón trabajar correctamente, o también son de uso común los denominados sistemas de retención infantil, que se incorporan al asiento mediante anclajes o el propio cinturón y retienen al niño con cinturones o arneses propios. La aplicación de estos sistemas al transporte escolar tiene mucho interés, aunque también presenta algunos inconvenientes (tiempo de montaje, diferentes tallas,...). Es por ello que la tendencia actual es la instalación y utilización de cinturones de seguridad.

La utilización de cinturones de seguridad evitaría tanto la proyección de los ocupantes en colisiones donde la deceleración de mayor importancia es la del eje longitudinal del vehículo, como la eyección en los casos de vuelco. Es por ello que los principales puntos a favor de estos sistemas de retención son:

- Disminución del riesgo de lesión en caso de accidente (tanto en las colisiones frontales como en las secuencias de vuelco).
- Contribución a la concienciación del uso del cinturón, ya que se inculcan estos hábitos desde pequeños.
- Mejora del comportamiento de los menores en el autocar. Siempre están sentados en posición correcta.

Por otro lado, existen también posiciones contrarias al uso de estos sistemas de retención. La mayoría de ellas desde las instituciones norteamericanas. Su sistema de compartimentación es bastante efectivo y alegan los siguientes motivos en contra del uso del cinturón de seguridad:

- La mayoría de daños en accidentes de transporte escolar se producen a ocupantes de otros vehículos o a peatones, generalmente menores.
- Pueden interferir en la rápida evacuación de los ocupantes en caso de incendio o caída a un lago.
- Las situaciones mixtas, en que hay usuarios con sistemas de retención y usuarios sin sistemas de retención, son peligrosas. Un cuerpo no retenido empuja hacia delante el respaldo del ocupante delantero. En caso de llevar sistema de retención, es oprimido contra él por la inercia de su propio peso más la del otro ocupante.

A continuación se estudia una muestra de los cinturones que hoy en día es posible encontrar en el mercado analizando sus ventajas e inconvenientes.

Cinturón de 2 puntos (abdominal)

Definición

Es la forma más simple de sistema de retención. Consiste en un cinturón que se ancla al asiento o a la carrocería del vehículo y retiene al ocupante a la altura de las caderas, a través de las crestas ilíacas.

Resultados de ensayos

Se presenta la continuación del estudio 'Evaluación de la retención en los autocares escolares Fase II' realizado por la NHTSA (departamento gubernamental de transporte americano). Este informe se puede encontrar en el Anexo V.

Se realizó la simulación de un choque frontal de un autocar con dummies equivalentes a niños de 6 años y mujeres, sentados todos correctamente y centrados en sus asientos y retenidos con cinturones de 2 puntos. El dummy con cinturón de 2 puntos tiene un comportamiento inicial similar al del ensayo compartimentado. El torso desliza hacia delante hasta que la holgura del sistema de retención desaparece. En ese punto, la zona abdominal queda retenida, mientras que el torso y la cabeza continúan hacia delante con cierta rotación hacia abajo, en dirección al respaldo del ocupante delantero. Hasta que la cabeza colisiona contra el respaldo.

Para el caso del dummy de 6 años, se producen unas lesiones en cabeza y cuello similares a las obtenidas con la compartimentación. En cambio, como que el tórax continúa pivotando entorno al punto de retención abdominal, se produce una segunda sobrecarga en el cuello, inferior a la primera. Para el caso del dummy mujer, el impacto en la cabeza es inferior, mientras que la carga en el cuello aumenta considerablemente.

La interacción de los hombros y el torso contra el respaldo queda limitada por el sistema de retención. Esta retención provoca una rotación del torso cuya energía es absorbida por el cuello. En la figura 3 se puede ver una imagen del movimiento experimentado.



Cinturón 2 puntos a 150 ms

Aparentemente, la respuesta de los usuarios con este sistema de retención se muestra muy sensible al movimiento y orientación del torso, que a su vez, dependen de la altura del respaldo y espacio entre asientos. Como que el sistema de retención sólo actúa sobre la zona abdominal y el torso superior no, se pueden llegar a producir sobrecargas sobre el cuello considerables.

Ahora bien, la retención del ocupante en caso del vuelco es mejor que en el caso de la compartimentación (dónde sólo se tuvo en cuenta la colisión frontal).

Cinturón de 3 puntos (abdominal + diagonal)

Definición

Después de ver los problemas de desplazamiento que sufre el torso superior de los ocupantes es evidente que un sistema que retenga esta parte puede aportar grandes mejoras. El cinturón de tres puntos utiliza los dos puntos de anclaje del sistema anterior y añade un tercero a una altura superior de los hombros y en uno de los dos extremos.

A continuación se muestra en la figura 4 un ejemplo de lo que puede ser un cinturón de seguridad de tres puntos integrado en el asiento. Las imágenes pertenecen a The C.E. White Co., fabricante norteamericano de asientos para autocares escolares (www.cewhite.com/index.html).

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Cinturón de tres puntos integrado en el asiento, con distintas configuraciones

Además, el sistema mostrado permite la regulación de la altura del tercer punto, de manera que puede ser utilizado por ocupantes de estaturas distintas.

La configuración estos cinturones deja abierta una puerta a su mal uso. Un uso indebido puede ser la colocación del cinturón superior por detrás de la espalda del ocupante. Otro la de su colocación debajo del brazo. Ambas situaciones se han ensayado y el comportamiento es similar al de un cinturón de dos puntos de anclaje.

Ensayos de validación

Estos resultados también corresponden al estudio 'Evaluación de la retención en los autocares escolares Fase II' realizado por la NHTSA (departamento gubernamental de transporte americano) del Anexo V.

Se realizó la simulación de un choque frontal de un autocar con dummies equivalentes a niños de 6 años y mujeres, sentados todos correctamente y centrados en sus asientos y retenidos con cinturones de 3 puntos. Con estos sistemas de retención debidamente utilizados, el mayor daño que sufre el ocupante se produce en el punto en que el torso se detiene, debido a la retención del tercer punto. La cabeza sigue su movimiento hacia delante y el cuello se extiende. El resultado de las deceleraciones y extensiones es muy bueno, inferior a todos los anteriores, con lo que el riesgo de lesión disminuye considerablemente. La figura siguiente muestra una imagen del ensayo llevado a cabo.



*Cinturón de 3 puntos, situación de
retención del torso, 168 ms*

4.3.3. Otras soluciones técnicas

A continuación, se presentan otros sistemas de retención más novedosos. El airbag en el cinturón es un sistema muy innovador que inicialmente se pensó para aviación. También se muestran sistemas de retención infantil propiamente dichos. Éstos son sistemas más específicos para el tamaño y la constitución física de los menores, a diferencia de los cinturones de dos o tres puntos, que son una mera adaptación de sistemas de adultos.

Cinturón con airbag

Definición

Este tipo de cinturón fue desarrollado por AMSAFE. Incorpora un airbag en la cinta de un cinturón de 2 puntos de anclaje.

Ensayos de validación

Estos resultados también corresponden al estudio 'Evaluación de la retención en los autocares escolares Fase II' realizado por la NHTSA (departamento gubernamental de transporte americano) del Anexo V.

Se puede observar que el airbag se expande desde el cinturón hacia fuera, entre el espacio que hay entre el ocupante y el respaldo de la fila siguiente de asientos. Al desplegarse completamente, evita que la cabeza impacte contra el asiento de delante haciendo de soporte la cabeza. De esta manera, se evitan las lesiones en la cabeza y se reduce la carga en el cuello. Los valores de deceleración y carga son similares a los obtenidos con el cinturón de 3 puntos. Cabe comentar que no se han hecho pruebas de mal uso con este cinturón. Un ejemplo del uso de este cinturón se puede ver en la figura siguiente.



Cinturón con airbag AMSAFE a 50 ms



Cinturón con airbag AMSAFE en plena expansión

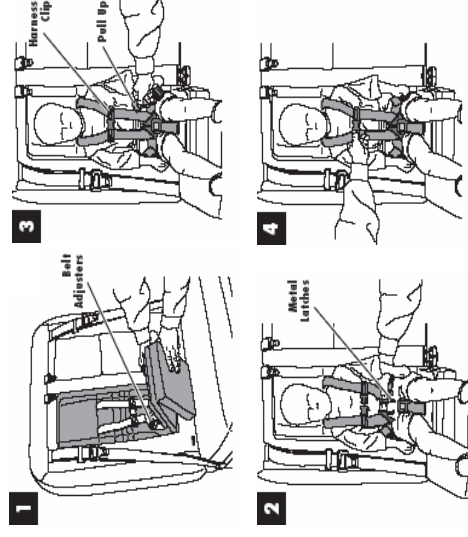
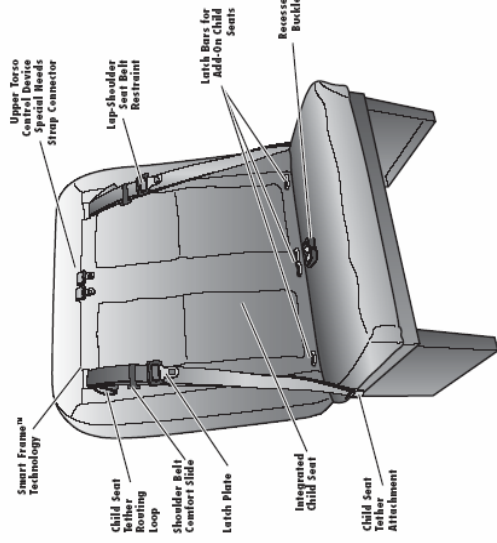
El principal inconveniente de este cinturón es el coste y los posibles mal usos debidos a posiciones incorrectas (“out of position”).

Sistemas de retención infantil

Existen asientos para autocares escolares que se adaptan a la estatura de los niños. Un menor de diez años se puede sentar en un asiento normal y utilizar el sistema de retención de un adulto con un elevador. En cambio, a un niño de cuatro años no le sirve ese tipo de cinturón, aún cuando éste sea regulable en altura. Por este motivo, existen los sillones adaptables.

A continuación se presenta un ejemplo de la marca SafeGuard, que fabrica asientos para autocares escolares (www.safeguardseat.com/bus/index.htm). Añade un cuarto punto para retención de personas con ciertas discapacidades. En la figura siguiente se puede ver un esquema.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.




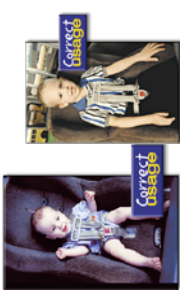


Sistema de retención infantil integrado en asiento, SafeGuard


También se muestra el sistema de la empresa The C.E. White Co. (www.cewhite.com/index.html) en la figura de abajo.



Sistema de retención infantil integrado en asiento, The C.E. White Co.

Finalmente, se presenta una tabla de los tipos de asientos que recomienda la NHTSA en función del peso y la edad para el transporte escolar en autocar. (www.nhtsa.dot.gov/people/injury/buses/busseatbelt/index.html).

	Sentido contrario		Sentido de la marcha	
	Peso inferior 9 kg	Peso > 9 kg	Peso > 9 kg	Peso > 18 kg
<p>Sillón sólo para niños</p> 	X			
<p>Convertible</p> 	X	X		
<p>Integrado</p> 	X	X	X	
<p>Silla con arnés</p> 		X		

<p>Chaleco de seguridad</p> 		X	X
---	--	----------	----------

La principal dificultad que presentan estos sistemas es su instalación (tiempo de instalación...) así como el disponer de sistemas para toda la población infantil que puede hacer uso del autocar o autobús.

Sistema de retención infantil – Sistema de retención adultos adecuado a la estatura del ocupante sin necesidad de dispositivos adicionales

Definición

Con el objetivo de mejorar la seguridad de los ocupantes infantiles en sus desplazamientos en autobuses y autocares como medida pre-legislativa, se diseñó, homologó y patentó un sistema de retención integrado en los asientos de autocares destinados para el transporte escolar que asegure la protección de los ocupantes adultos y los ocupantes infantiles. En este apartado se presenta este sistema diseñado por IDIADA que se adecua a la estatura del ocupante sin necesidad de dispositivos adicionales. Toda la información sobre el dispositivo se puede encontrar en el Anexo VI.

El sistema debe de ser robusto frente a los posibles fallos de uso siguientes:

- No utilización del Sistema de Retención Infantil
- Utilización del Sistema de Retención Infantil en configuración adulto por parte de niños
- Utilización del Sistema de Retención Infantil en configuración infantil por parte de adultos

El uso de cojines elevadores no se debe contemplar, ya que ello haría necesario imponer más carga de trabajo a los responsables del transporte escolar y cierta formación de este personal.

Asimismo, la utilización de guías de correa manuales, que no implicarían la utilización de elementos adicionales podría presentar problemas al necesitar del ocupante que lo regule a sus necesidades. Además, sería todavía recomendable una verificación por parte del vigilante del transporte, expuesta a errores.

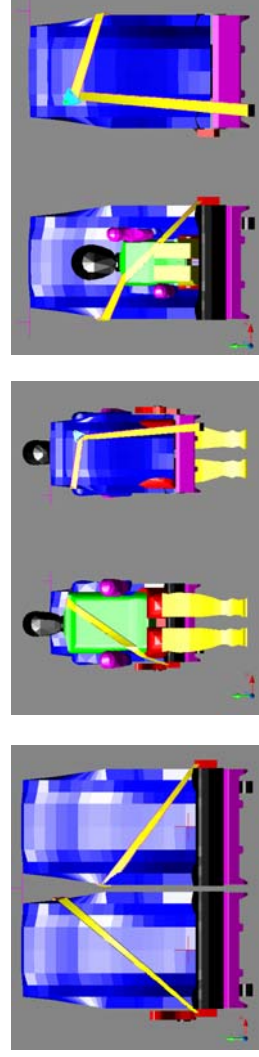
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

Es por todo ello que se estudió un sistema de retención infantil integrado en un asiento de autocar compatible con su utilización por parte de adultos sin necesidad de ninguna preparación, y que el papel del vigilante se limite a verificar la utilización de éste por parte de todos los viajeros. Tal función podría además ser complementada por parte de un sistema de reconocimiento de ocupación del asiento que alertara en caso de no utilización del cinturón.

Se realizaron unos primeros ensayos para determinar más características del sistema de retención llegando a unas primeras conclusiones:

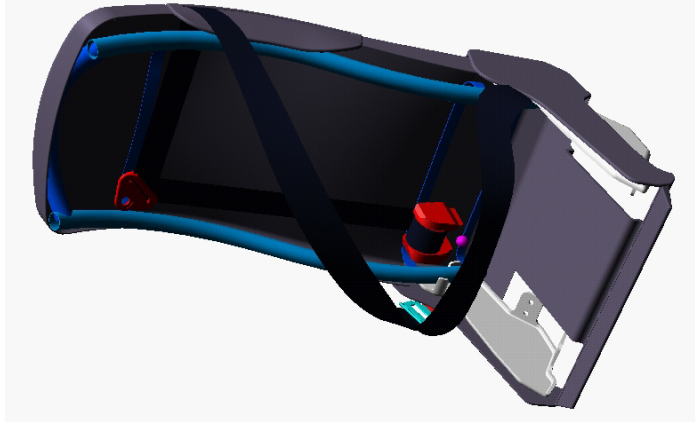
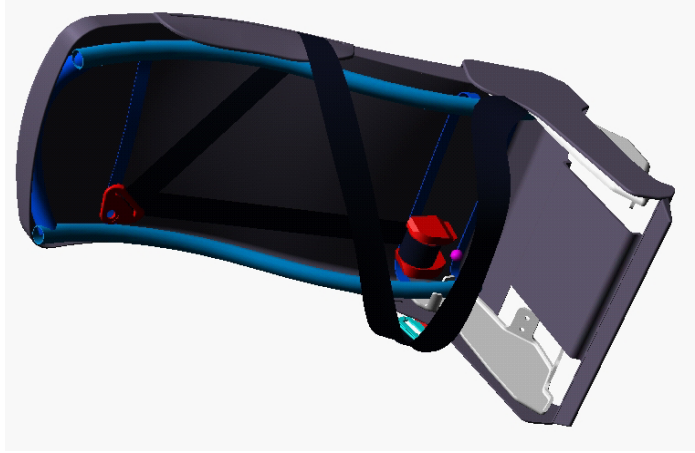
- Se necesita un limitador de carga en el cinturón, para no producir deceleraciones bruscas en el ocupante.
- Es necesario disponer de asientos preparados para soportar las cargas propias del cinturón debido a la influencia del comportamiento de la estructura del asiento como soporte del reenvío del cinturón.
- La hebilla del cinturón debe situarse en una posición inferior a la habitual, con tal de desplazar hacia abajo el punto de anclaje efectivo y así obtener el máximo contacto entre el cinturón pélvico y el ocupante y limitar la cinta libre sin tensión antes del impacto.

Con la finalidad de desarrollar un sistema de retención que garantice la protección de los ocupantes, tanto adultos como infantiles, se desarrolló este proyecto. Manteniendo las premisas de no-utilización de complementos y conveniencia para todo tipo de tallas, sin necesidad de ajustes, se planteó la solución para la integración de Sistemas de Retención Infantiles en asiento de autocar que aparece en la figura 9.



Colocación de ocupantes de distintas alturas en una misma fila de asientos

El sistema consiste en colocar el reenvío del cinturón en el lado de la hebilla, atravesando más o menos horizontalmente el asiento según la altura del hombro del ocupante. Mediante una guía se puede imponer la tendencia de salida del cinturón para adaptarse a diferentes alturas según la talla del ocupante. Un ejemplo se puede ver en la figura siguiente:



Diseño en CAD del asiento con cinturón para múltiples alturas

Del mismo modo, se estudió con éxito la posibilidad de incorporar un sistema ISOFIX al asiento del autocar, permitiendo la instalación de todo tipo de SRI universales, incluso para niños de 0 a 3 años.

Después de simulaciones por ordenador para determinar el valor óptimo de los parámetros que configuran el asiento, se construyó un prototipo y se probó.

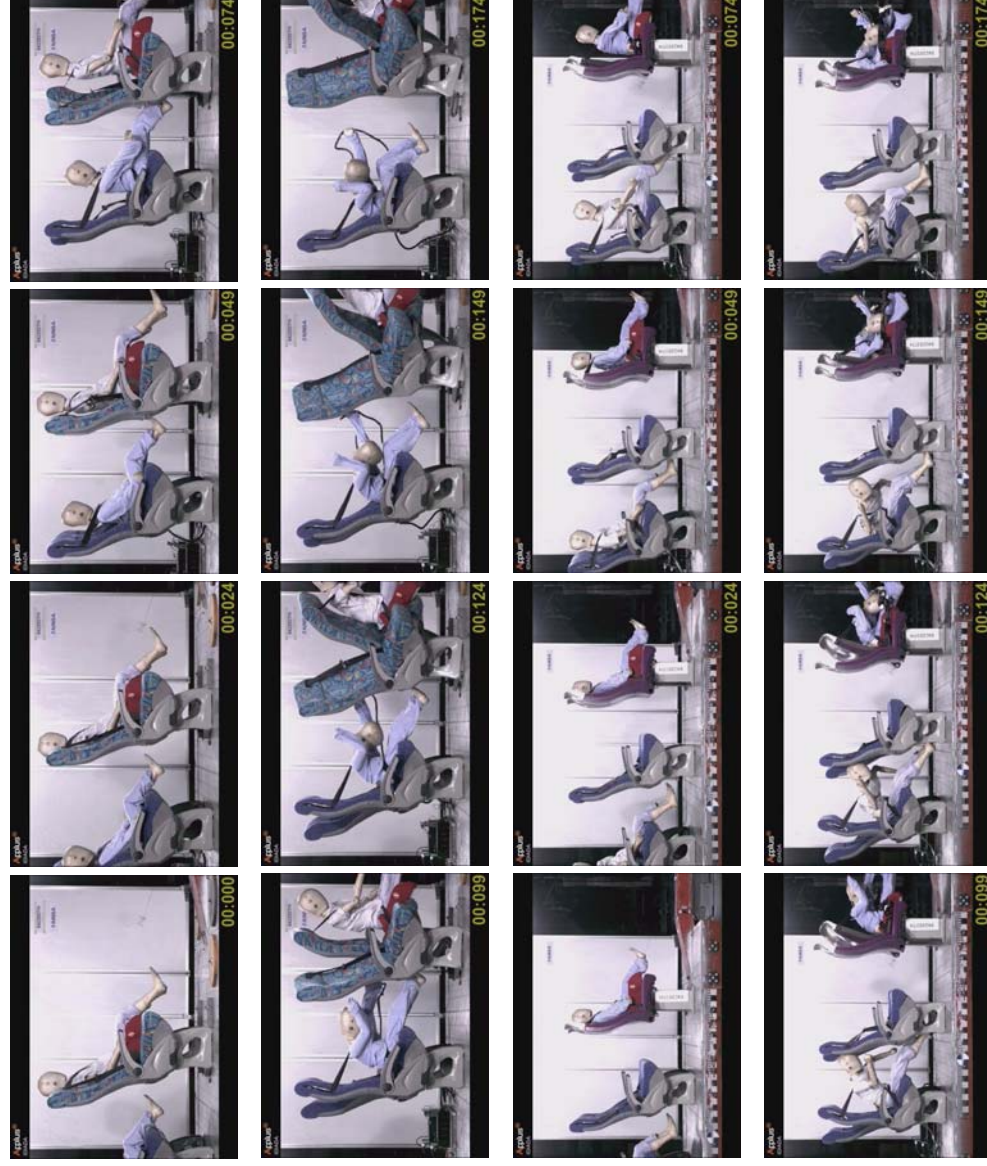
Ensayos de validación

Para la homologación del dispositivo, se realizaron todos los ensayos definidos en los procedimientos descritos en la siguiente relación de regulaciones.

1. Reglamento 80: Asientos y sus anclajes (M2 y M3).
2. Directiva 96/37: Asientos y sus anclajes.
3. Directiva 96/38: Anclajes de cinturones de seguridad.
4. Directiva 2000/3: Cinturones de seguridad y dispositivos de retención.
5. Reglamento 44: Sistemas de retención infantil.

Tras cumplir con todos los criterios de aceptación fue posible afirmar que el sistema de retención infantil integrado en los asientos de autocares para transporte escolar desarrollado en este proyecto era homologable.

En la figura de abajo se muestran imágenes del funcionamiento del sistema de retención en un choque frontal.



Secuencia del sistema de retención de IDIADA

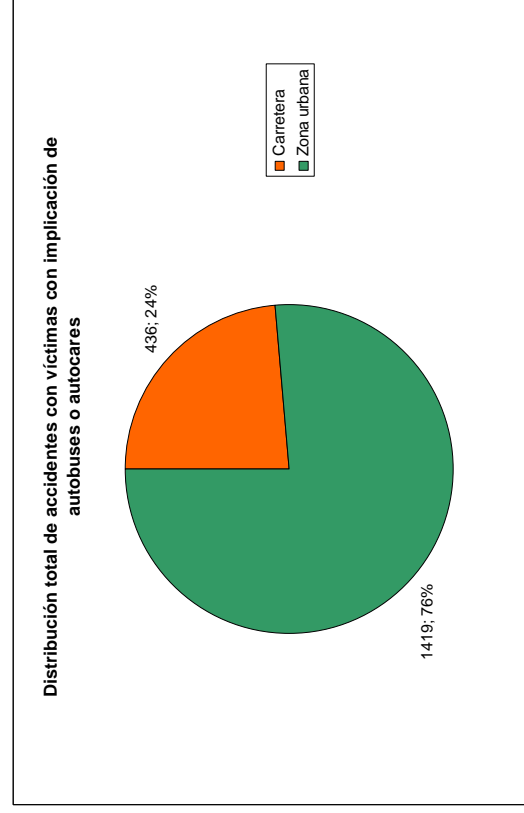
El 12 Marzo de 2004, quedó patentado el “sistema de guiado para cinturones de seguridad” en la Oficina Española de Patentes y Marcas. Varios fabricantes ya se han interesado por la patente y se prevé que en los próximos meses pueda instalarse el sistema en los autobuses destinados al transporte escolar.

4.4. Estudio estadístico de los accidentes con implicación de autocares

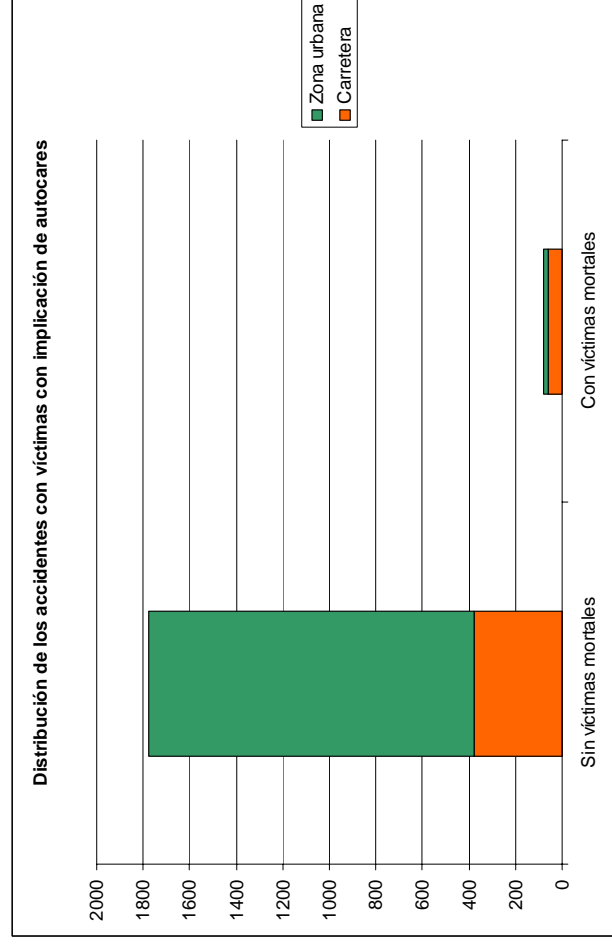
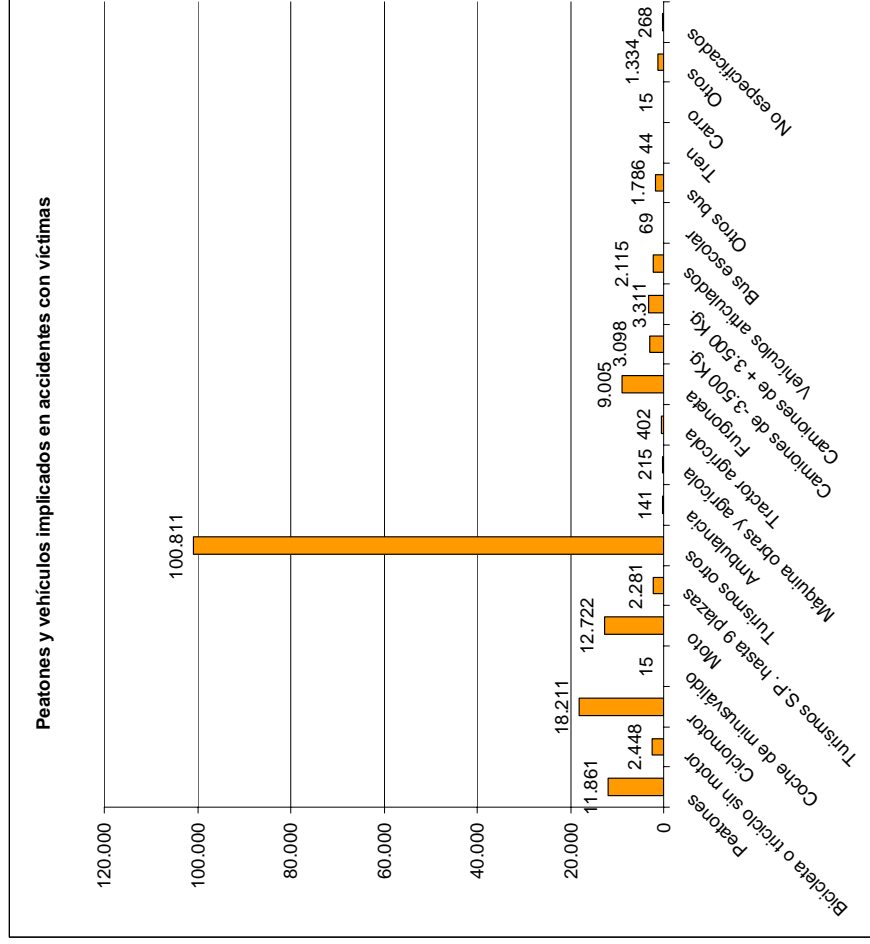
La realidad de los accidentes de autocares se evaluó mediante dos procedimientos: un estudio estadístico y un estudio en profundidad de casos reales. Con el estudio estadístico se pretendió tener un orden de magnitud del número de accidentes que se producen y las víctimas que implican, comparado con el volumen de autocares que hay. El estudio en profundidad consistió en una recopilación de accidentes de autocares más recientes con la finalidad de establecer cuáles son los tipos de accidentes más comunes y el tipo de lesiones que en ellos se producen. En este apartado se incluye el estudio estadístico. El estudio en profundidad aparece en el apartado siguiente.

En el año 2005 el parque nacional de autocares estaba cifrado en un total de 58.248 unidades de un total de 27.657.276 vehículos. Esta cifra supone el 0,21% del parque nacional de vehículos. Estos datos y los que aparecen a continuación se han extraído del Anuario de Estadísticas de la Dirección General de Tráfico (www.dgt.es).

Del total de vehículos que en el año 2005 intervinieron en accidentes con víctimas, 1.855 de un total de 158.291 eran autocares, es decir, un 1,17%, mientras que para los turismos, por ejemplo, este porcentaje asciende al 65,13%. A continuación se muestra como se distribuyen estos accidentes en función del tipo de vehículo, de la zona donde ocurrieron y de su gravedad.



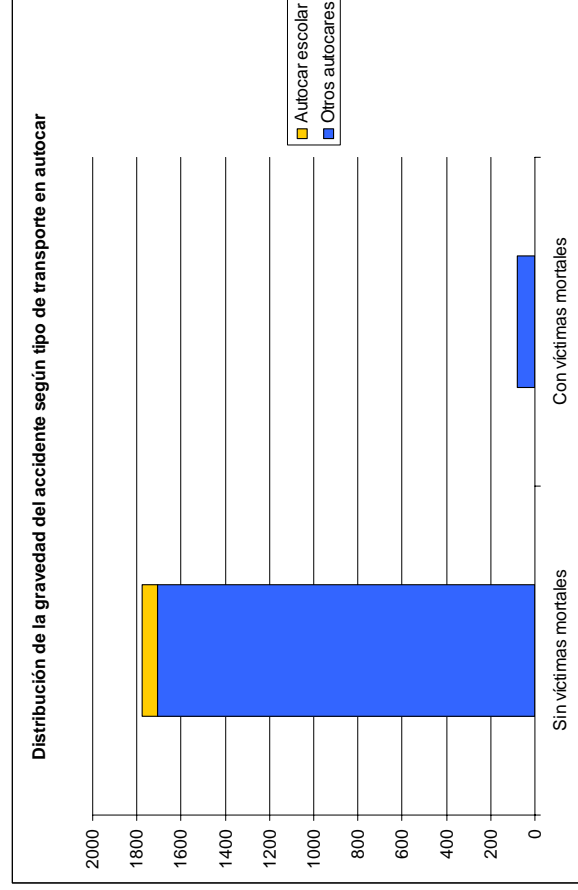
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

Tal y como se puede comprobar el número de accidentes mortales en carretera es inferior a los ocurridos en zona urbana, pero la gravedad de los accidentes en carretera es mucho mayor, ya que aumenta considerablemente la proporción de víctimas mortales.

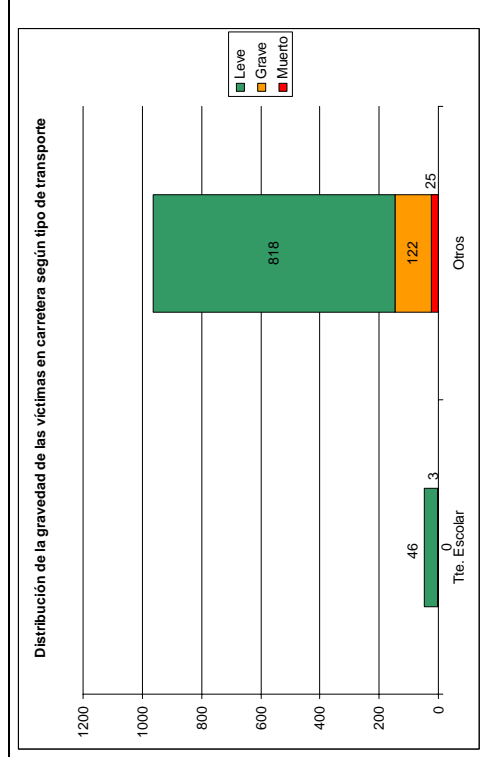
Además, estos datos se pueden separar según el autocar realizaba servicios de transporte escolar o no. En el caso de transporte escolar, los accidentes con víctimas se reducen drásticamente, tanto los mortales como los no mortales.



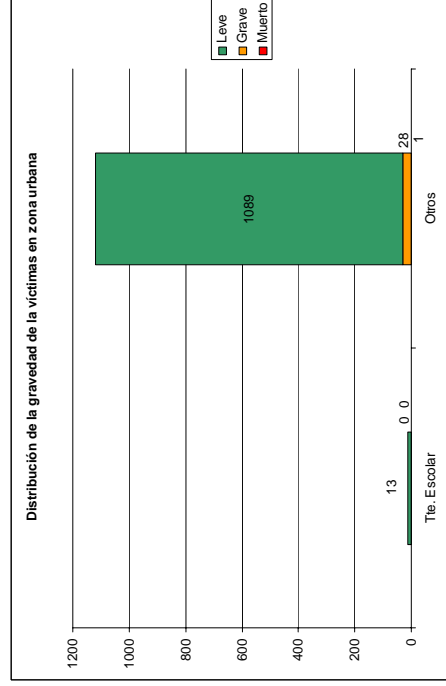
A continuación se presentarán los datos de distribución de víctimas en accidente de autocar.

Del total de 70.890 víctimas en accidente de tráfico en carretera el año 2005, 1.014 lo fueron en accidente de autocar. Estas 1.014 víctimas se distribuyen en 49 para transporte escolar y 965 para otros transportes.

De estas 1.014 víctimas la distribución entre fallecidos, heridos graves y heridos leves



fue la siguiente.



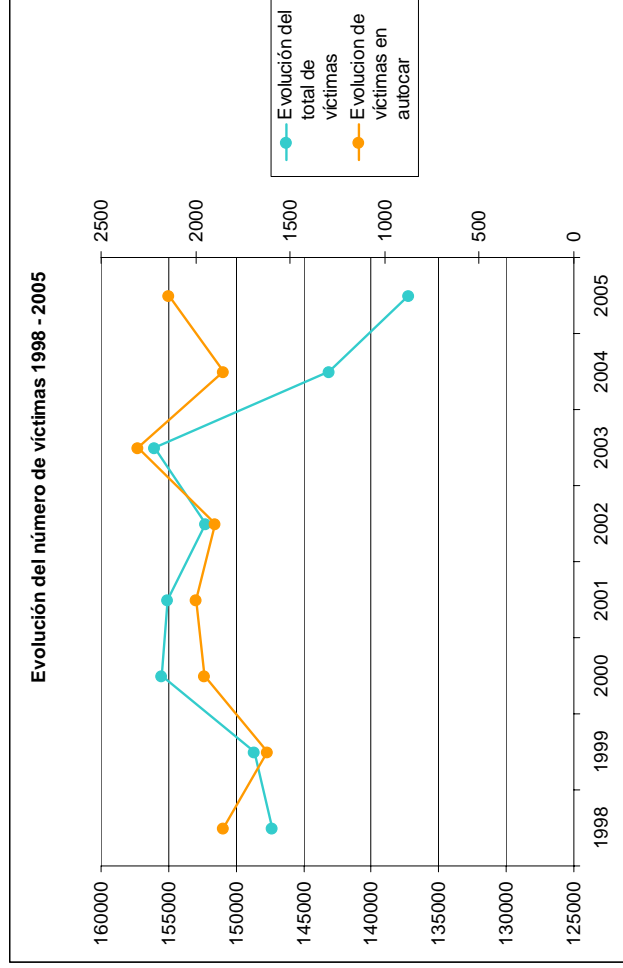
Asimismo, esta misma distribución en zona urbana, del total de 64.810 víctimas en 2003, **1.131** lo fueron de un accidente de autocar, que se distribuyen como muestra el siguiente gráfico.

Estas víctimas se distribuyen en **13** para transporte escolar y **1.118** en otros transportes.

Se comprueba que la severidad de los accidentes en zona urbana es muy inferior a la de los accidentes en carretera.

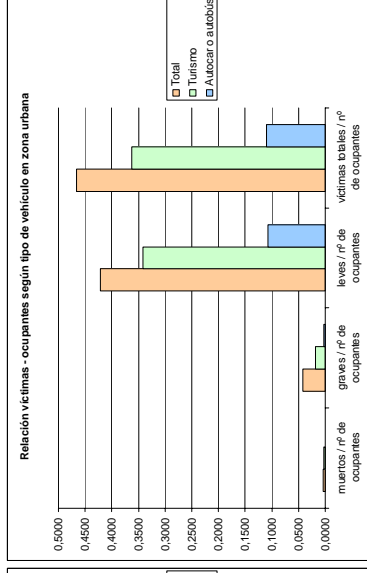
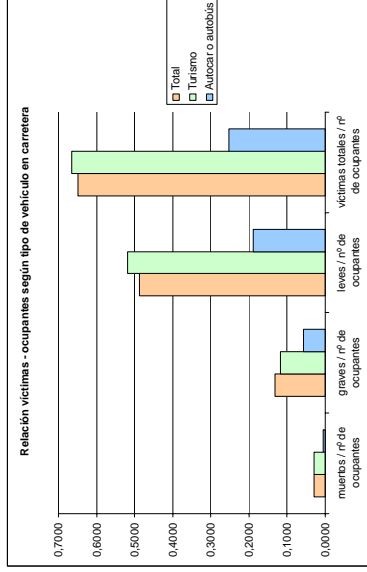
Para observar la evolución del número de víctimas, se presenta el gráfico siguiente. Se puede observar el número de víctimas de autocar de 1998 a 2005 (en el gráfico, escala de la derecha) comparado con el número de víctimas totales (escala de la izquierda). Se puede comprobar que mientras que las campañas de prevención de accidentes de tráfico empiezan a tener efecto sobre el total de accidentes a partir de 2003, con una drástica reducción del número de víctimas, el número de víctimas en autocar no se ve disminuido.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

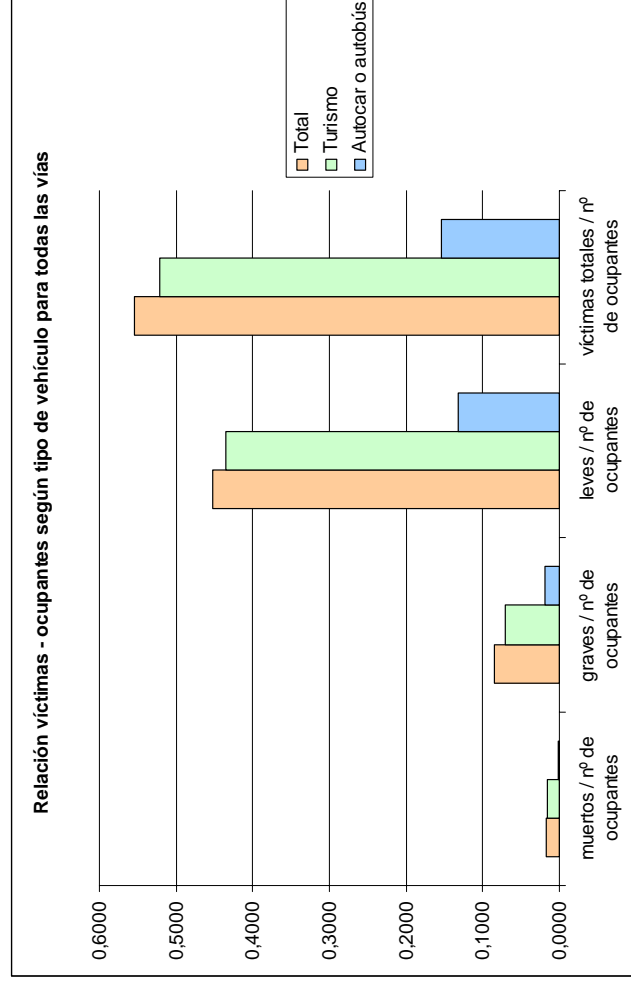


Se ha de destacar que en general, las campañas de tráfico han sido efectivas. Su objetivo es disminuir el número de víctimas, cosa que se consigue, seguramente haciendo especial hincapié en los accidentes de turismos, que son los más numerosos. Los accidentes de autocar, al ser mucho menos frecuentes, no constituyen una masa tan crítica. Ahora bien, este gráfico demuestra que aún son necesarias y son factibles iniciativas para reforzar el nivel de seguridad de los autocares, ya que no se observa una tendencia a la baja.

Si se pretende evaluar la seguridad secundaria de los autocares, se puede utilizar el ratio número de víctimas / número de ocupantes en el vehículo siniestrado. A continuación, se presenta este ratio para el total de vehículos, turismos y autocares, separados en carretera y zona urbana.



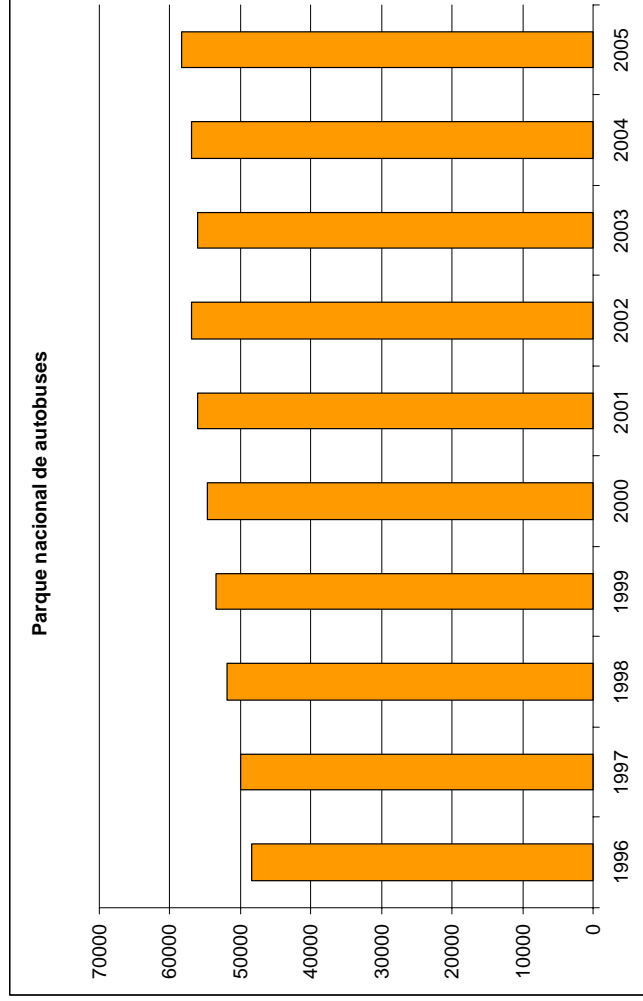
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



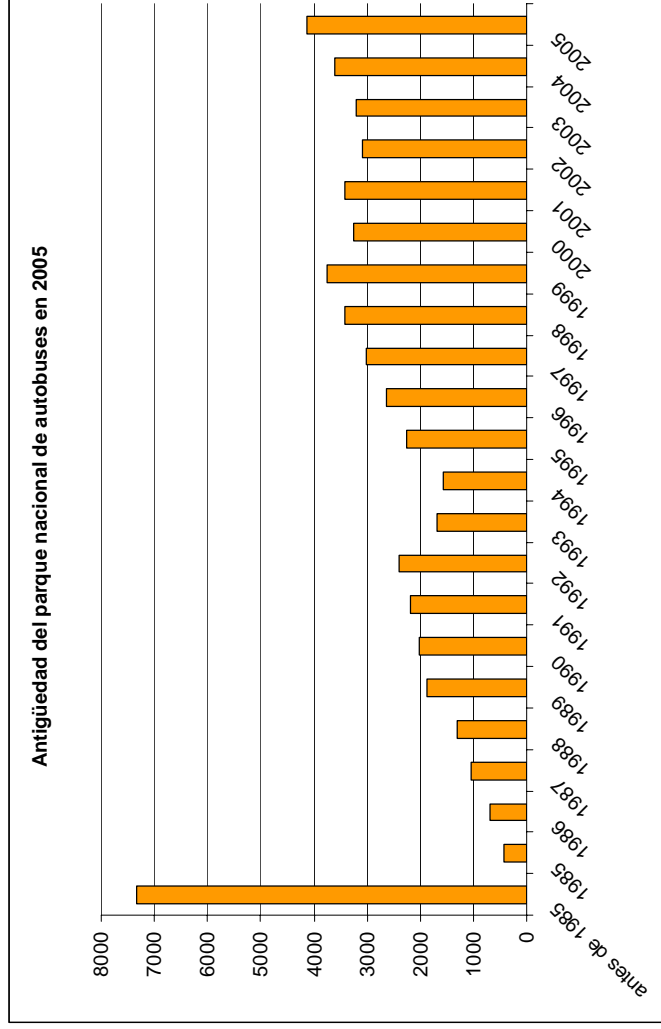
Se observa que, en caso de accidente, el número de víctimas por cada ocupante en autocar es mucho menor que el promedio de todos los tipos de vehículo y, en especial, en los turismos. Esto se cumple tanto para las víctimas fatales, como para los heridos.

En la siguiente gráfica se ve una clara tendencia al aumento del parque nacional de autocares hasta el año 2002, mientras que en el 2003 hay una ligera disminución del parque, aunque se recupera en 2004 y 2005.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



La antigüedad del parque nacional de autocares evoluciona según vemos en el gráfico siguiente. Hay un gran porcentaje de autocares en circulación con más de 10 años y vemos que el menor número de autocares, en una pequeña inflexión de la gráfica se produce en autocares con 10 u 11 años de antigüedad.



En el gráfico se refleja un crecimiento general hasta el año 1989, para experimentar un descenso en el año 1990 debido a una crisis general del sector. Durante los años 1991 y 1992 se ve una preparación de las Olimpiadas de Barcelona con un aumento de unidades. El apreciable descenso de unidades de 1993 y 1994 se debe a la entrada en vigor del Reglamento 66 entre los años 1993 y 1995, por lo que muchos transportistas retrasaron la compra y renovación de la flota para adquirir nuevos modelos que ya estuvieran fabricados bajo las normas del Reglamento 66. A partir de 1995 hasta 1999 hay un aumento de unidades, para experimentar un descenso y un remonte desde el año 2003 hasta nuestros días.

Conclusiones

- Los accidentes con implicación de autobuses y autocares son pocos, si bien esta proporción aumenta al considerar la siniestralidad relativa al número de vehículos del parque.
- Existe una mayor siniestralidad en las carreteras que en las zonas urbanas con un riesgo de lesión grave o mortal mayor.
- La posición de más riesgo es la del conductor.
- La mayoría de víctimas sufren lesiones leves.
- El hecho de que el índice de siniestralidad sea bajo no debe ser motivo para dejar de dar importancia a los sistemas de seguridad en los autocares. Es un medio de transporte con un riesgo potencial elevado. Este riesgo se ve acrecentado si se hace referencia al transporte escolar.
- La integración de correctos sistemas de seguridad pasiva permitirá la reducción de las víctimas mortales y la reducción de la severidad de las lesiones de los ocupantes de estos vehículos. La posición del conductor, así como la del guía, presenta un mayor riesgo. Por este motivo, la normativa actual obliga a equipar estas posiciones, y otras consideradas de riesgo, con cinturones de seguridad.



Fundación Instituto Tecnológico
para la Seguridad del Automóvil



DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS
AUTOCARES.

4.5. Investigación en profundidad de una muestra representativa de accidentes con implicación de autocares

A continuación, se realiza un estudio en profundidad de 9 accidentes en que se vieron implicados autocares. Los accidentes estudiados fueron los siguientes:

Código de referencia	Accidente	Vehículos implicados
01 (19-11-1999)	Salida de vía del autocar por el margen derecho y posterior vuelco.	Autocar: Scania K113 CKB Carrocería Caetano Delta
02 (06-07-2000)	Impacto frontal del autocar y el camión. Gran intrusión del frontal del camión a lo largo de todo el lateral izquierdo del autocar.	Autocar: Man 13230 HOCL Carrocería Ugarte Cx Elite Camión: F12 8x4/4
03 (6-10-2000)	Impacto frontal del autocar contra el chasis del camión volcado sobre su lateral.	Autocar: MERCEDES BENZ / O 404, Carrocería TOURING (NOGE) Camión: VOLVO / FH12 4X2 Remolque: LAMBERET / LVFS BAST
04 (10-10-2000)	Salida de la vía del autocar por el margen izquierdo y posterior vuelco sobre su lateral izquierdo.	Autocar: MERCEDES BENZ / O 303, Carrocería GOLD (CAMELSA)
05 (28-1-2001)	Salida de la vía del autocar por el margen izquierdo, posterior vuelco sobre su lateral izquierdo al caer en una vaguada.	Autocar: MERCEDES BENZ / O 404, Carrocería ATLAS (AYATS)
06 (11-2-2001)	Salida de la vía del autocar por el margen derecho con posterior retorno a la calzada y vuelco sobre su lado derecho.	Autocar: IVECO / Euro rider 35, Carrocería ATLAS (AYATS)
07 (11-2-2001)	Salida de la vía de un camión por el margen izquierdo cayéndose desde un puente (altura 13 m), y posterior colisión frontal de un autocar y un turismo contra el camión sobre su lateral derecho.	Autocar: VOLVO / B7R, Carrocería TOURING (NOGE) Camión: RENAULT / 385 TI Turismo: FORD / ESCORT
08 (10-4-2001)	Salida de la vía por el margen derecho de un autocar, caída por el puente sobre el río Viñao y posterior vuelco sobre su techo.	Autocar: MERCEDES BENZ / O 404, Carrocería TOURING (NOGE)
09 (6-6-2001)	Alcance posterior de un autocar a un camión caja.	Autocar: MERCEDES BENZ / O 404, Carrocería TOURING (NOGE) Camión: PEGASO / 1436-G

También se muestra un resumen de las lesiones de los ocupantes para cada accidente. Además, cada accidente se clasifica según sea colisión frontal o vuelco.

Estos dos tipos de accidentes son los más comunes. Más adelante, se realizará una simulación de las dos tipologías, según la situación de las zonas de mayor riesgo. La finalidad de esta simulación es ver el movimiento de los ocupantes en la situación de accidente y sus lesiones. Se estudiará la misma situación con diferentes sistemas de retención y se evaluarán las mejoras.

Código de referencia	Tipo de colisión	Ocupantes	Distribución de los heridos (Según fuerza instructora)
01 (19-11-1999)	Vuelco	53	Ilesos: 0 Heridos leves: 0 Heridos graves: 24 Muertos: 29
02 (06-07-2000)	Frontal	39	Ilesos: 0 Heridos leves: 0 Heridos graves: 11 Muertos: 28
03 (6-10-2000)	Frontal	48	Ilesos: 0 Heridos leves: 27 Heridos graves: 18 Muertos: 3
04 (10-10-2000)	Vuelco	54	Ilesos: 14 Heridos leves: 29 Heridos graves: 10 Muertos: 1
05 (28-1-2001)	Vuelco	24	Ilesos: 0 Heridos leves: 15 Heridos graves: 6 Muertos: 3
06 (11-2-2001)	Vuelco	19	Ilesos: 0 Heridos leves: 2 Heridos graves: 10 Muertos: 7
07 (11-2-2001)	Frontal	46	Ilesos: 0 Heridos leves: 37 Heridos graves: 8 Muertos: 1
08 (10-4-2001)	Vuelco	12	Ilesos: 0 Heridos leves: 2 Heridos graves: 5 Muertos: 5
09 (6-6-2001)	Frontal	40	Ilesos: 7 Heridos leves: 29 Heridos graves: 3 Muertos: 1

Los accidentes 01 y 02 fueron analizados y reconstruidos por CENTRO ZARAGOZA, mientras que Applus⁺IDIADA realizó el estudio del movimiento de los ocupantes y

causalidad de las lesiones del caso 02 (www.centro-zaragoza.com). El resto de accidentes fueron investigados en todos los campos por Applus⁺IDIADA.

Para cada uno de los nueve accidentes, se mostrará la secuencia del accidente, se hará una pequeña recopilación de las lesiones de los ocupantes y se realizará un mapa de las zonas de riesgo del autocar. El estudio se ordenará según el tipo de accidente.

Impacto frontal

En este caso se estudiarán los accidentes 02, 03, 07 y 09.

Accidentes estudiados

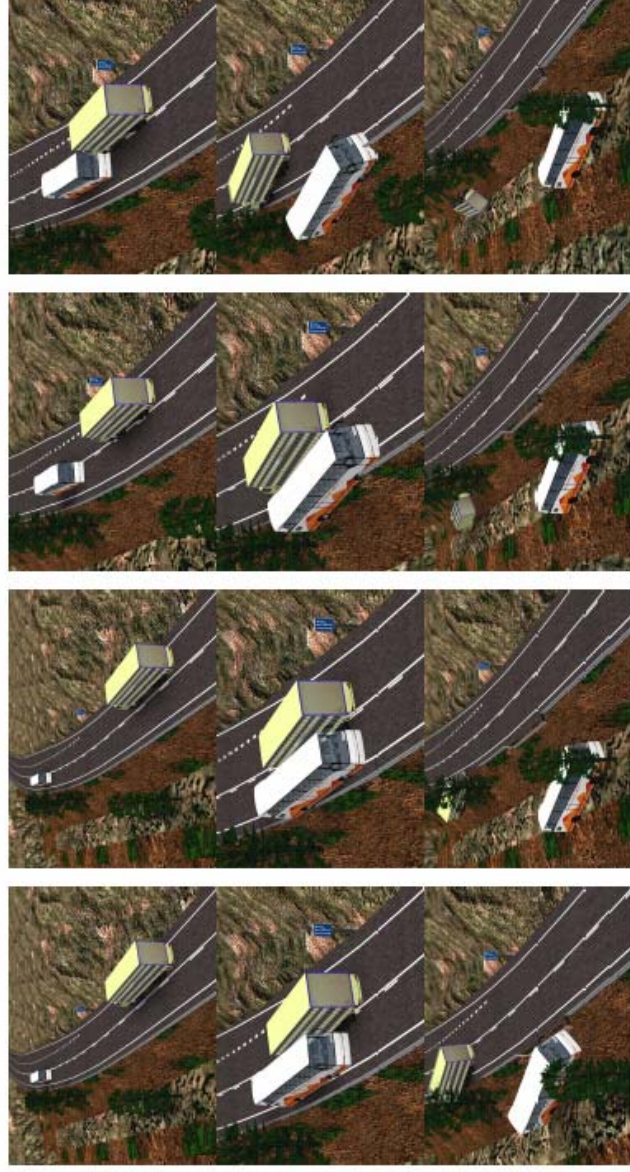
ACCIDENTE 02

Este accidente corresponde al sucedido en Golmayo, en la provincia de Soria, durante el verano de 2000.

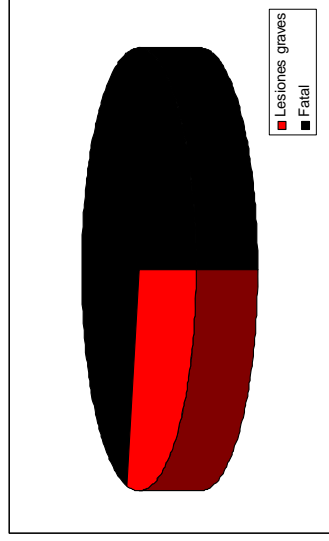
Secuencia seguida por el autocar y el camión

El camión se aproximaba a una curva a derechas a una velocidad de 81 km/h cuando invadió el carril contrario y chocó contra el autocar que circulaba en el carril de sentido contrario a 99 km/h. Durante la colisión, todo el lateral izquierdo del autocar se deformó considerablemente. Después del choque, el camión siguió en línea recta, mientras que el autocar se salió por su margen derecho volcando. La secuencia del accidente reconstruido se puede ver a continuación.

**DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS
AUTOCARES.**



Secuencia del accidente 02

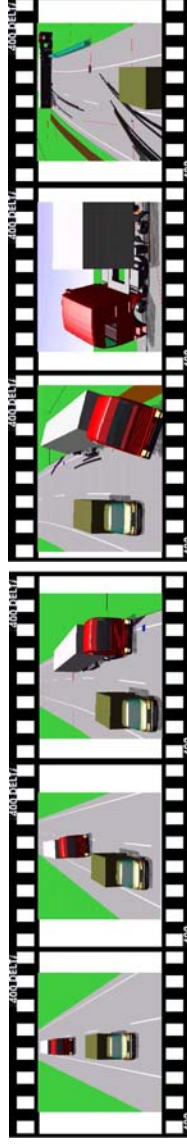


Distribución de las lesiones de los ocupantes

ACCIDENTE 03

Secuencia seguida por el camión

La maniobra de adelantamiento con un offset elevado supuso la circulación parcial por la cuneta del vehículo articulado, el cual, tras intentar recuperar la circulación por la calzada volcó saliendo eyectado el conductor. El giro hizo que las llantas rascarán el asfalto provocando hendiduras en el pavimento. La cabeza tractora impactó contra el suelo y arrancó las biondas que se encontraban en el margen derecho, quedando el camión articulado cruzado sobre la calzada y apoyado sobre su lateral izquierdo.

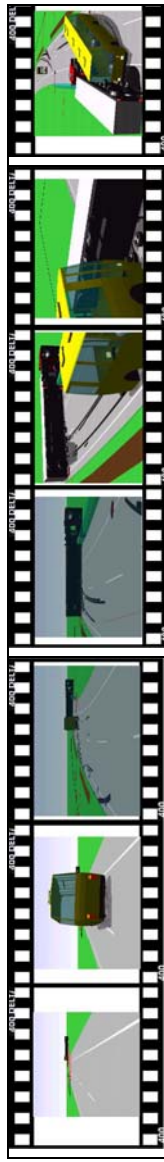


Secuencia seguida por el camión

Secuencia seguida por el autocar

El autocar circulaba por el carril derecho de la autopista a una velocidad aproximada de 105 km/h cuando detectó la presencia de un camión parado en el carril derecho y con los intermitentes de posición activados. Con la finalidad de evitar el impacto contra el camión allí estacionado, cambió de carril. Posteriormente, detectó la presencia del camión articulado volcado e inició una maniobra de frenado brusco sin impedir el impacto frontal contra el chasis del remolque.

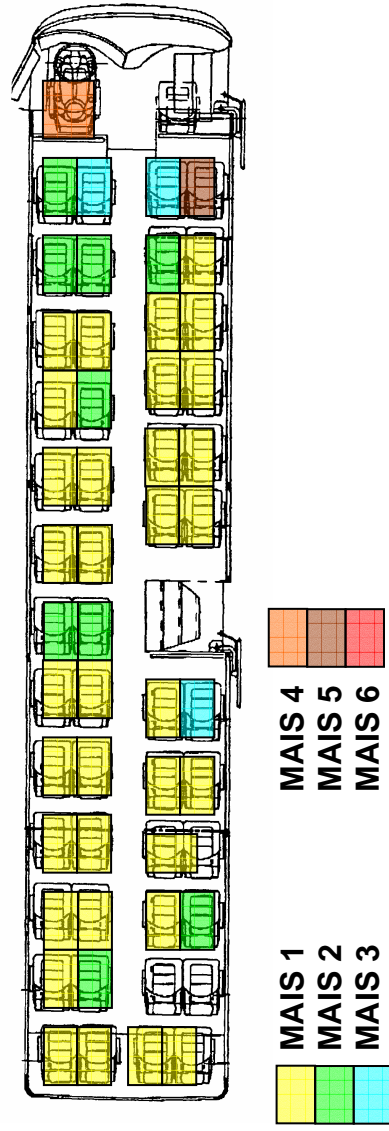
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Secuencia seguida por el autocar

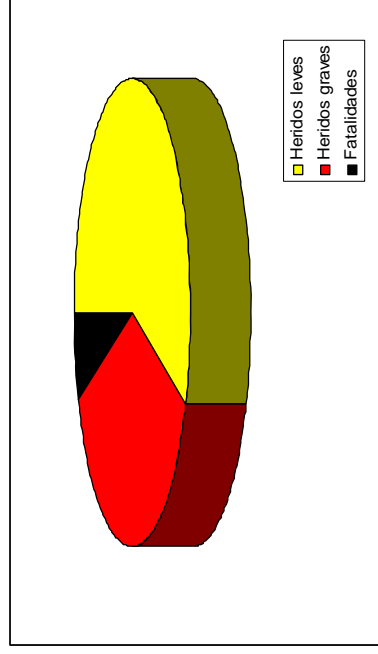
Análisis de las lesiones

En este caso, los ocupantes más perjudicados fueron el conductor, los de las primeras filas y los cercanos al hueco de las escaleras. En estas posiciones el nivel de compartimentación es inferior al resto. No es un autocar que cuente con la compartimentación como sistema de retención, ya que eso se usa en los autobuses escolares americanos, pero sí tiene plazas en que los ocupantes van más sujetos (tienen menor distancia de proyección). En aquellas plazas donde no hay filas de asientos delante, las mamparas de protección son insuficientes para la protección de los ocupantes. El conductor disponía de cinturón de seguridad, pero no lo utilizaba. La distribución de las lesiones aparece a continuación.



Mapa de lesiones del autocar

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.



Distribución de daños en los ocupantes

ACCIDENTE 07

Secuencia seguida por el camión

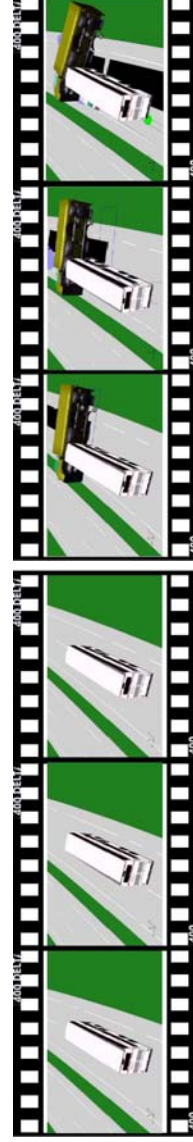
El camión trazó la curva a una velocidad de 70 km/h, superior a la velocidad crítica definida para ese radio de curvatura y ese coeficiente de rozamiento, derrapando lateralmente y cayendo por el puente, después de deformar las biondas de retención de vehículos instaladas en el margen izquierdo de la vía y de arrancar las vallas del extremo del puente. Dio media vuelta, golpeando el suelo con el extremo derecho de su superestructura.



Secuencia seguida por el camión

Secuencia seguida por el autocar

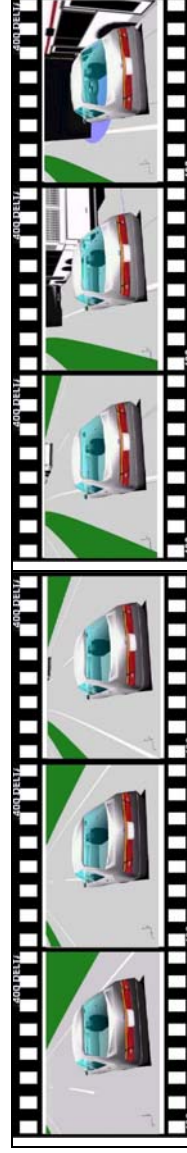
El autocar circulaba por el carril derecho de la autovía cuando al percibir el camión caído giró levemente hacia la izquierda cambiándose de carril. Al impactar contra la estructura del camión, los dos vehículos se desplazaron solapados describiendo el autocar un pequeño giro hacia la derecha.



Secuencia seguida por el autocar

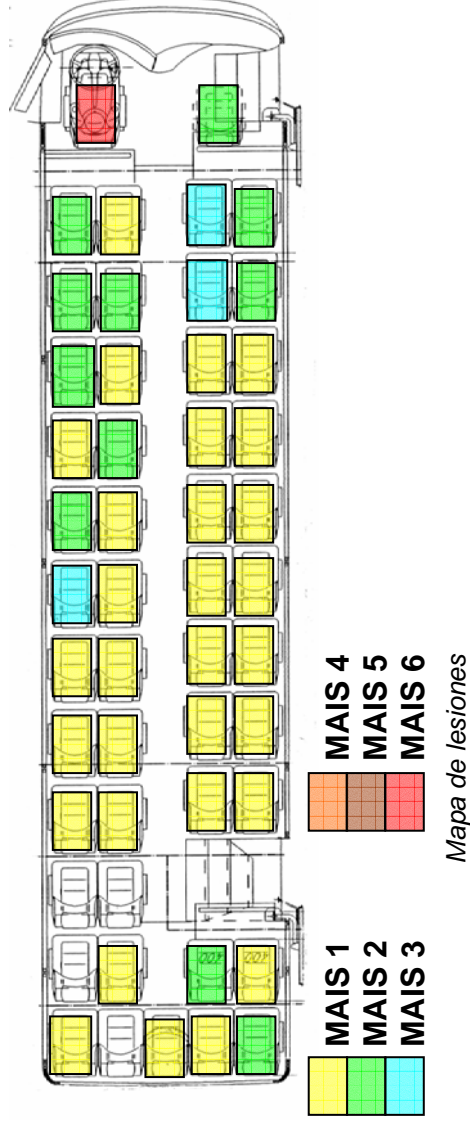
Secuencia seguida por el turismo

El turismo circulaba por el carril de la derecha cuando inició la maniobra de adelantamiento sobre el autocar. Al percibir la presencia del camión fue desplazándose hacia la izquierda frenando bruscamente sin lograr evitar el impacto contra el camión.



Secuencia seguida por el turismo

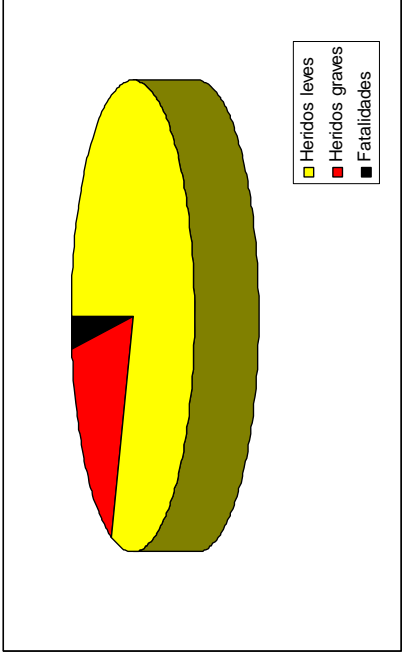
Análisis de las lesiones



Como que el impacto fue 100% frontal y la dirección de la fuerza, en dirección longitudinal al autocar, los ocupantes se desplazaron hacia delante, movidos por su propia inercia.

La gravedad de las lesiones se distribuye de manera similar al accidente anterior. La zona de guía y conductor y las primeras filas son las más afectadas. También las filas posteriores justo detrás del hueco de la escalera.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

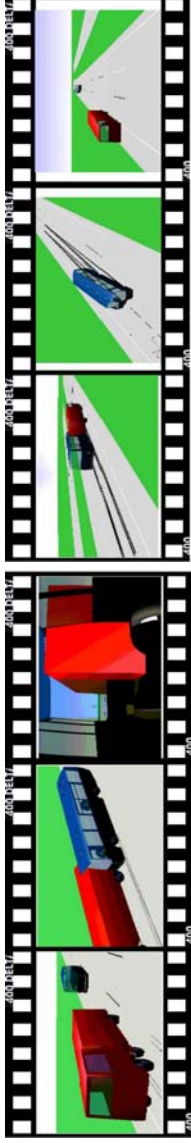


Distribución de daños de los ocupantes

ACCIDENTE 09

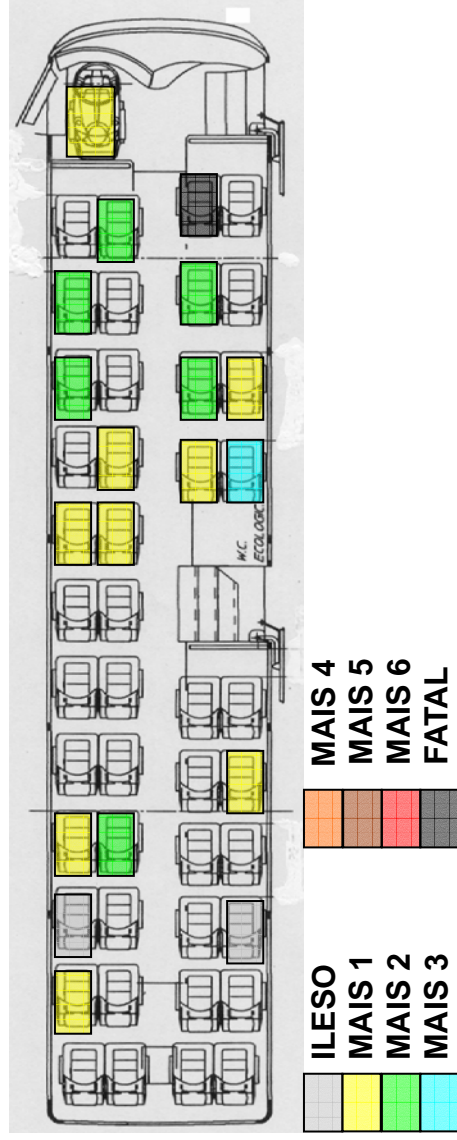
Secuencia seguida por el autocar

El autocar circulaba a una velocidad de 105 km/h cuando alcanzó por detrás al camión, que circulaba a una velocidad de 41 km/h por el mismo carril en el mismo sentido. Ambos vehículos se desplazaron solapados después de la colisión hasta que el autocar quedó parado, atravesado en la vía y el camión apartado en el arcén derecho.



Secuencia seguida por el camión

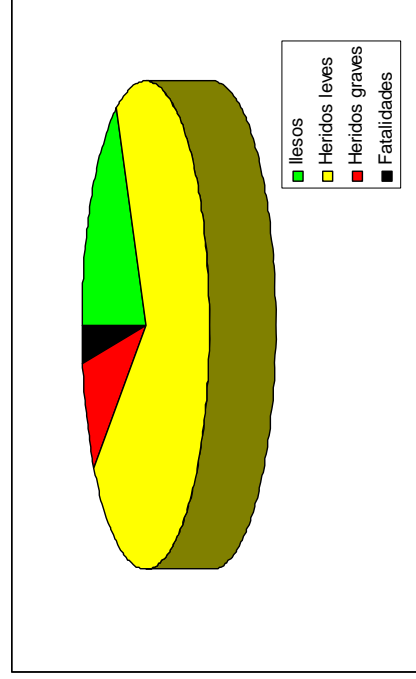
Análisis de las lesiones



DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

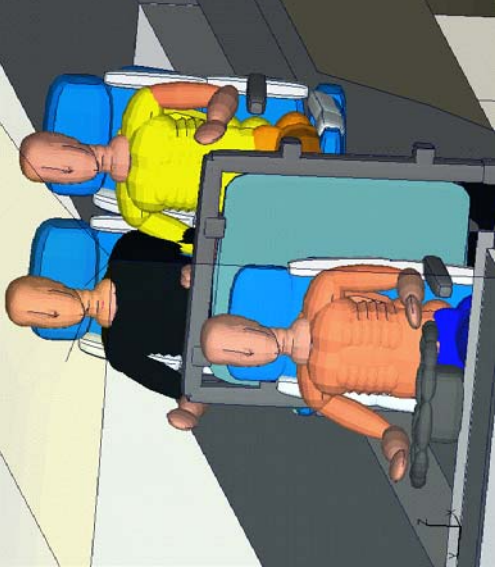
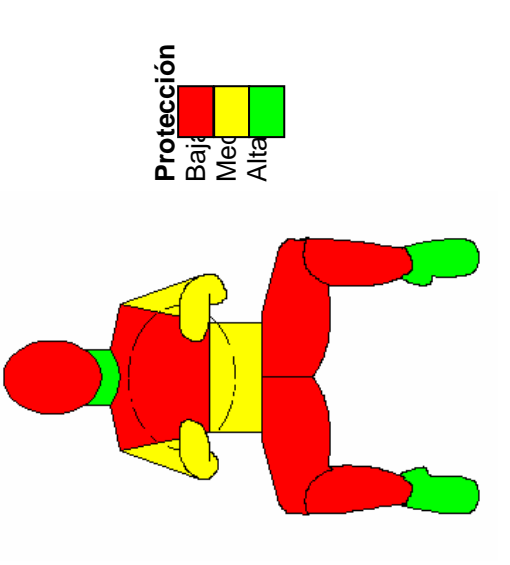
Mapa de lesiones

Al alcanzar posteriormente el autocar al camión, el autocar sufrió una deceleración con una importante componente longitudinal y una componente lateral de menor magnitud. Los ocupantes del autocar, movidos por su inercia se desplazaron hacia delante impactando contra los respaldos de los asientos delanteros, mamparas de separación o saliendo proyectados fuera de su compartimiento en caso de no disponer de ningún sistema de retención. La componente lateral de la aceleración sufrida hizo que, al girar el autocar, los ocupantes se desplazasen ligeramente hacia la derecha.

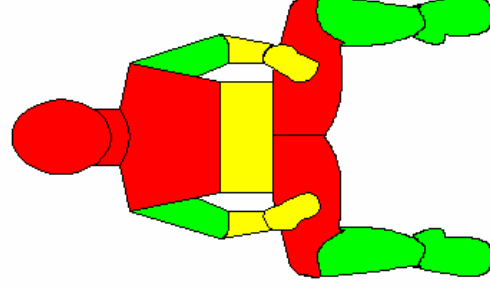
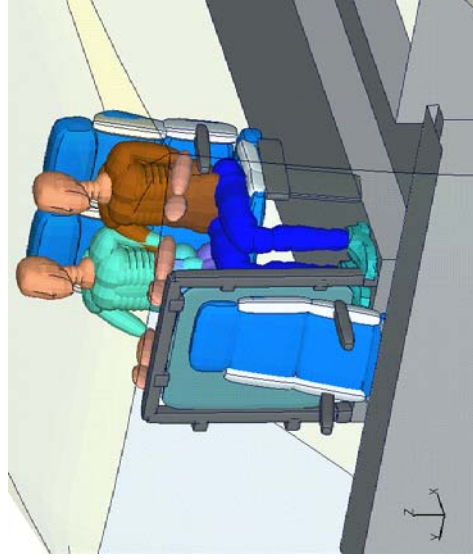


Distribución de daños en los ocupantes

Protección de los ocupantes en colisiones frontales

	
<ul style="list-style-type: none">- El espacio de compartimentación del conductor es reducido ya que se encuentra delimitado por el cuadro de mandos, el volante, la puerta lateral y la mampara de separación con la primera fila. El no uso del cinturón de seguridad hace que estos elementos rígidos que delimitan su habitáculo sean los únicos sistemas de retención que el conductor dispone. Estos dispositivos no están diseñados con la finalidad de retener al pasajero por lo que en muchos casos son causa de lesiones graves. En los casos analizados los conductores presentaban:<ul style="list-style-type: none">- Traumatismos craneoencefálicos graves, fracturas de cráneo, fracturas de huesos faciales, traumatismos, erosiones y abrasiones en los órganos faciales... como consecuencia de los golpes de la cabeza contra el volante, cuadro de mandos y montantes de la estructura del autocar.- Costillas fracturadas, edemas pulmonares, lesiones abdominales... al impactar el tórax y abdomen contra el volante.- Fracturas abiertas y cerradas en las extremidades superiores al impactar contra el cuadro de mandos, los montantes de la estructura del autocar o el volante.- Fracturas cerradas y abiertas en las extremidades inferiores al impactar contra la columna de dirección o la parte inferior del cuadro de mandos.	

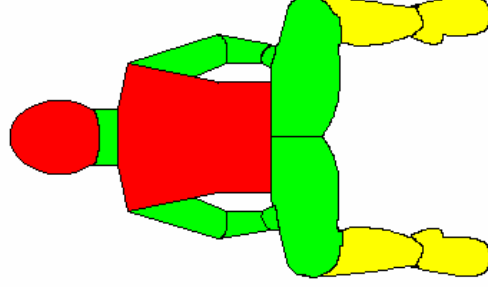
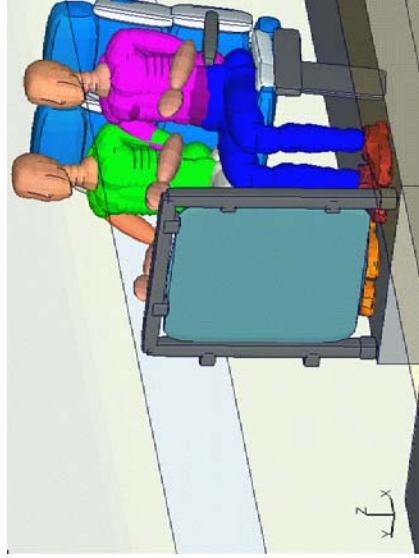
Primera fila de asientos



Protección
Baja
Media
Alta

- Los ocupantes de estas posiciones presentan como únicos sistemas de retención las mamparas de separación con la posición del conductor o guía. Las estructuras de éstas no están preparadas para soportar la inercia de los ocupantes y generalmente se colapsan y no aseguran la retención de los pasajeros. En muchos casos las mamparas presentan cristales que pueden producir cortes al fracturarse en el impacto o no se encuentran suficientemente acolchadas pudiendo causar lesiones de gravedad. En los casos analizados, los ocupantes de estas posiciones presentaban:
 - Fracturas en las extremidades inferiores (rodillas y partes superiores de la pierna) como consecuencia del impacto directo contra la mampara o contra otros elementos rígidos una vez la estructura ha colapsado y el ocupante ha salido eyectado de su compartimiento.
 - Heridas inciso-contusas en la zona frontal como consecuencia del impacto contra el vidrio de la mampara. Traumatismos craneoencefálicos de diversa consideración, fracturas de cráneo, fracturas de huesos faciales, hematomas, erosiones y abrasiones en los órganos faciales... al golpearse contra la mampara o contra otros elementos rígidos una vez la estructura a colapsado y el ocupante ha salido eyectado de su compartimiento.
 - Hemotórax, fractura de la arteria aorta, fractura de costillas, lesiones abdominales... al impactar el tórax y abdomen contra la mampara.

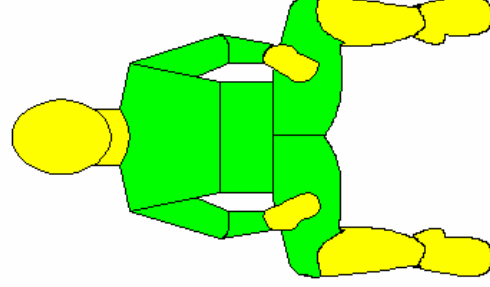
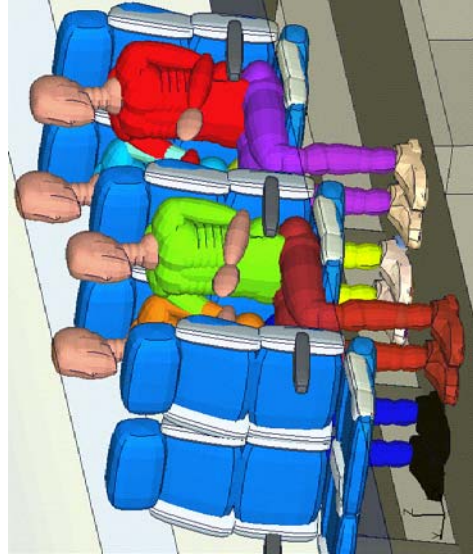
Ocupantes fila anexa al acceso central



Protección
Baja
Media
Alta

- Los ocupantes de estas posiciones presentan como único sistema de retención la mampara de separación con el acceso central. Las estructuras de ésta no están preparadas para soportar la inercia de los ocupantes y generalmente se colapsan y no aseguran la retención de los pasajeros. Generalmente, y a diferencia de las mamparas situadas en las primeras filas, no presentan cristales. No se encuentran suficientemente acolchadas pudiendo causar lesiones de gravedad. En los casos analizados los ocupantes de estas posiciones presentaban:
 - Fracturas vertebrales torácicas y fracturas vertebrales lumbares, provocadas al caer en el hueco habilitado para el acceso central y golpearse con las escaleras y marco del lavabo.
 - Fracturas, contusiones, erosiones y abrasiones en las extremidades como consecuencia del impacto directo contra la mampara o del impacto contra el pasillo y ramo de escaleras.
 - Traumatismos craneoencefálicos de diversa consideración, fracturas de cráneo, fracturas de huesos faciales, hematomas, erosiones y abrasiones en los órganos faciales... al golpearse contra la mampara o contra otros elementos rígidos una vez la estructura ha colapsado y el ocupante ha salido eyectado de su compartimiento.

Ocupantes filas centrales



Protección
Baja
Media
Alta

- Estas posiciones son las que disponen de un menor espacio de compartimentación. La distancia entre el ocupante y el sistema de retención que lo mantiene dentro de su compartimento (asientos instalados en las posiciones inmediatamente anteriores) es relativamente pequeña. Los respaldos de los asientos se encuentran acolchados bajo las exigencias del Reglamento 36, aunque un acolchamiento mejor reduciría la severidad de las lesiones sufridas. En las colisiones frontales, al no utilizar los cinturones de seguridad, los ocupantes se golpean contra los asientos anclados delante con las extremidades superiores e inferiores y con la cabeza. En los casos analizados los ocupantes de estas posiciones presentaban:
 - Fracturas de los huesos faciales, traumatismos craneoencefálicos de diversa consideración, contusiones, abrasiones y erosiones en la cara... como consecuencia de los golpes contra los asientos delanteros.
 - Contusiones, abrasiones y erosiones en las extremidades superiores e inferiores como consecuencia de los golpes contra los asientos delanteros.

Conclusiones relativas a las colisiones frontales

Conclusiones relativas al comportamiento de la estructura

- La energía de los impactos frontales fue absorbida enteramente por estructura frontal del autocar. Las intrusiones afectan a los montantes A y B, y largueros delanteros en las colisiones frontales contra vehículos pesados.
- En todas las colisiones frontales se produce una reducción significativa del espacio de supervivencia del conductor, detectándose una intrusión en el mismo por parte de la estructura delantera y de la columna de dirección.
- También es crítica la reducción del espacio de supervivencia de la posición de “guía”, ya que el espacio correspondiente al acceso delantero queda muy severamente reducido.
- Los arcos de seguridad de la superestructura no se ven afectados por los impactos frontales.

Conclusiones relativas al comportamiento de los asientos de los pasajeros, sus anclajes, su capacidad para resistir las aceleraciones producidas durante la colisión, así como de los sistemas de retención presentes

- Para los anclajes de tipo “rápido”, correspondientes al lado del pasillo de las banquetas de asientos, se produce un corrimiento de 10-15 cm cuando el anclaje del lado de la pared no está atomillado con suficiente fuerza. Este corrimiento sobre la guía produce un movimiento de rotación de la banqueta, pivotando alrededor del anclaje del lado pared.
- Los anclajes del lado pared resisten las aceleraciones del impacto frontal. Si bien llegan a la rotura en algunos casos, no se desprenden, con lo que aseguran la posición de la banqueta.
- Los asientos más susceptibles de desprenderse son los de la zona delantera (conductor, guía y primera fila). Por detrás de esta fila no hay rotura. La rotura de los anclajes y desprendimiento de los asientos se produce por un fallo del piso del autocar y no de los anclajes de los asientos.
- No se hace uso del cinturón de seguridad en los casos en que éste se encuentra instalado, por lo que no es posible evaluar su eficiencia. Esto provoca la eyección de los ocupantes de la zona delantera (conductor, guía y primera fila) y la proyección de los ocupantes de la fila de asientos situada frente a las escaleras del acceso central.
- En consecuencia, las heridas de mayor severidad se producen en estas posiciones de baja compartimentación: conductor, guía, primera fila y fila frente al acceso central.
- Los respaldos cumplen los criterios de absorción de energía del Reglamento 80, aunque se siguen produciendo heridas faciales y en las extremidades.

- Las mamparas de separación existentes entre la primera fila y el conductor o el guía, así como entre el acceso central y la fila situada frente a él, se colapsan a causa de la carga ejercida por los ocupantes de las mencionadas filas y no retienen a los ocupantes en su compartimiento.

Conclusiones relativas al comportamiento y utilización de los dispositivos de evacuación del autocar en caso de emergencia, así como su accesibilidad en las condiciones presentes en el accidente

- La puerta de servicio del acceso delantero queda inutilizada tras un impacto frontal (100% frontal o con offset) a causa del aplastamiento de la estructura frontal.
- La evacuación se realiza principalmente por la puerta de emergencia del acceso central, si ésta se encuentra en correcto estado. Las ventanas de emergencia también se emplean como salida, aunque con menor frecuencia en este tipo de impactos.
- Los martillos de emergencia puntualmente no están presentes, dificultando así la evacuación por las ventanas de emergencia.
- Los pulsadores, tanto interiores como exteriores de las puertas de emergencia, se encuentran en perfecto estado de funcionamiento.
- Se cumplen las especificaciones del Reglamento 36 sobre la accesibilidad de los dispositivos de evacuación.

Vuelco

En el caso de los accidentes de vuelco, se estudiarán los accidentes 01, 04, 05, 06 y 08.

Accidentes estudiados

ACCIDENTE 01

Secuencia seguida por el autocar

El autocar circulaba a una velocidad de 106 km/h por una autovía de noche y con lluvia. Cuando el eje trasero empezó a derrapar, el autocar se movió a banda y banda de la vía, llegando a rotar hasta 180°. En un tramo sin barrera de retención, se salió de la vía y volcó. En el lugar del vuelco, había un curso de agua con una profundidad de un metro y medio.



Imagen del autocar después del accidente



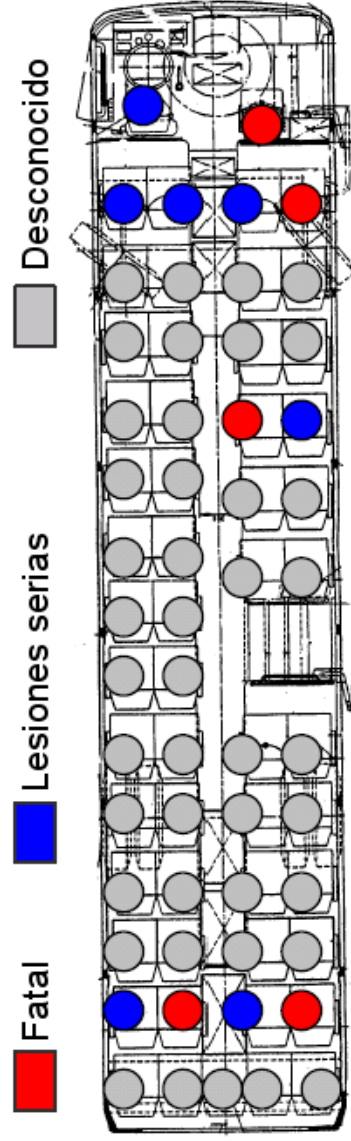
Secuencia del accidente

Análisis de las lesiones

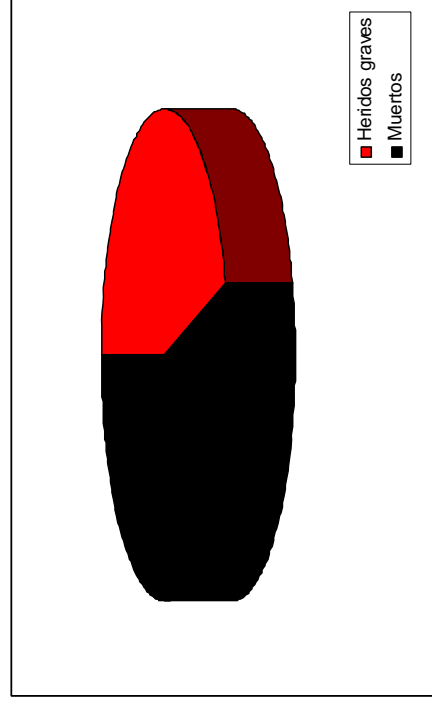
Todos los ocupantes fueron expulsados de sus asientos. Algunos de ellos, salieron despedidos fuera del autocar y murieron ahogados en el curso de agua. Los ocupantes de los que se conoce la posición aparecen en el mapa de lesiones.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

Este es un caso típico de expulsión en un accidente de vuelco. Dado que no se conocen exactamente las posiciones de los ocupantes, no se ha podido reconstruir completamente el accidente. En el mapa de lesiones, las marcadas en gris corresponden a posiciones indeterminadas.



Mapa de lesiones del accidente



Distribución de las lesiones

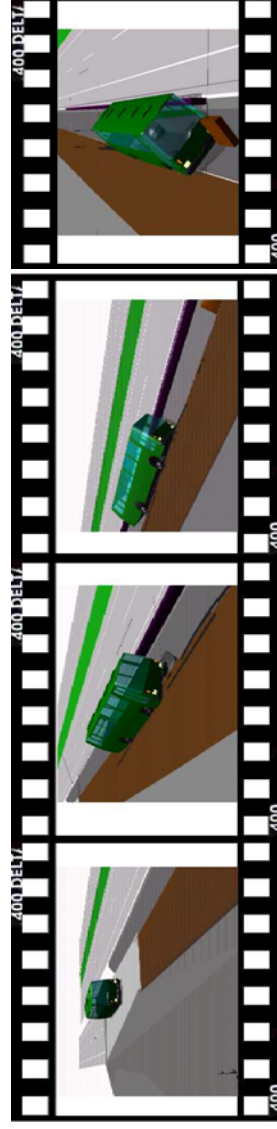
ACCIDENTE 04

Secuencia seguida por el autocar

El autocar se encontraba circulando por la carretera anexa a la autovía cuando al intentar acceder a ésta confundió el desvío dirigiéndose hacia un camino de acceso a un polígono industrial. Al darse cuenta de su equivocación, y al encontrarse sobre el camino sin asfaltar, el conductor del autocar intentó acceder a la autovía cruzando la cuneta situada entre el arcén derecho de la vía y el camino por donde circulaba. Al

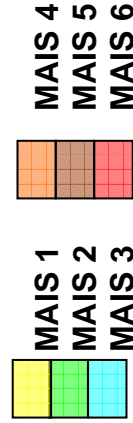
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

caer por la cuneta, el conductor inició una frenada brusca con el fin de detener el vehículo. El autocar circuló apoyado sobre lateral izquierdo hasta detenerse definitivamente al impactar contra una roca situada en la cuneta. El vehículo quedó inclinado, apoyado en las biondas de la autovía, sin llegar a completar un cuarto de vuelco.



Secuencia seguida por el autocar

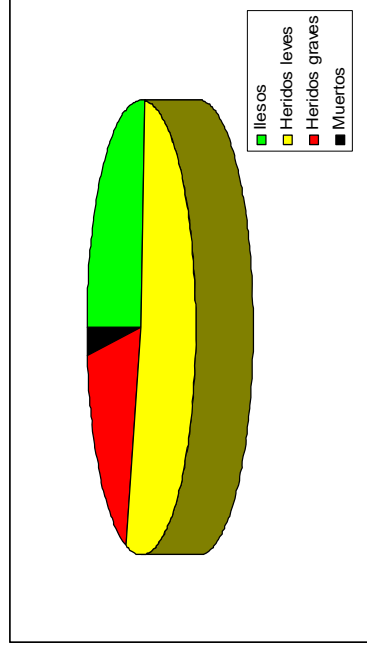
Análisis de las lesiones



Mapa de lesiones

Las deceleraciones sufridas presentaban una importante componente frontal así como una componente angular de balanceo de menor magnitud, que provocaron el movimiento de los ocupantes movidos por su inercia hacia delante y hacia los lados. No había cinturones de seguridad en ninguna de las plazas del autocar.

La mayor zona de daño corresponde a las filas de la parte frontal. También sufrió daños considerables la esquina trasera izquierda.

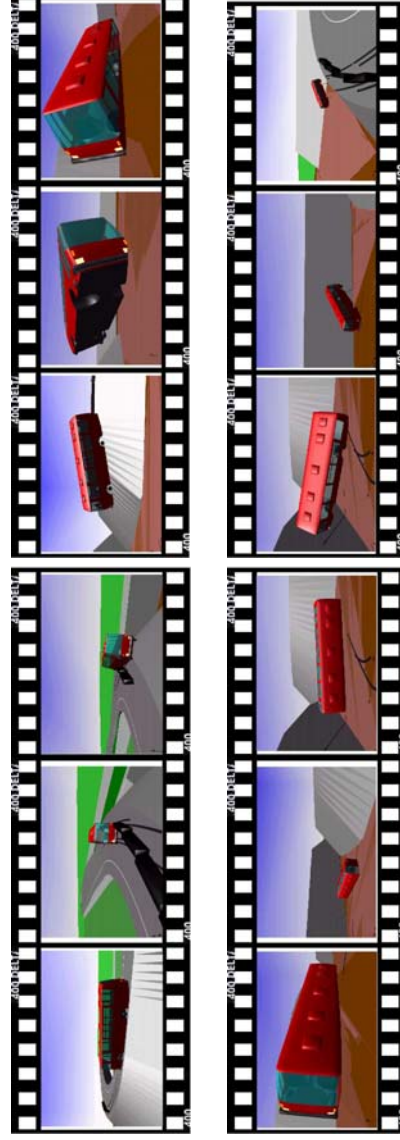


Distribución de las lesiones

ACCIDENTE 05

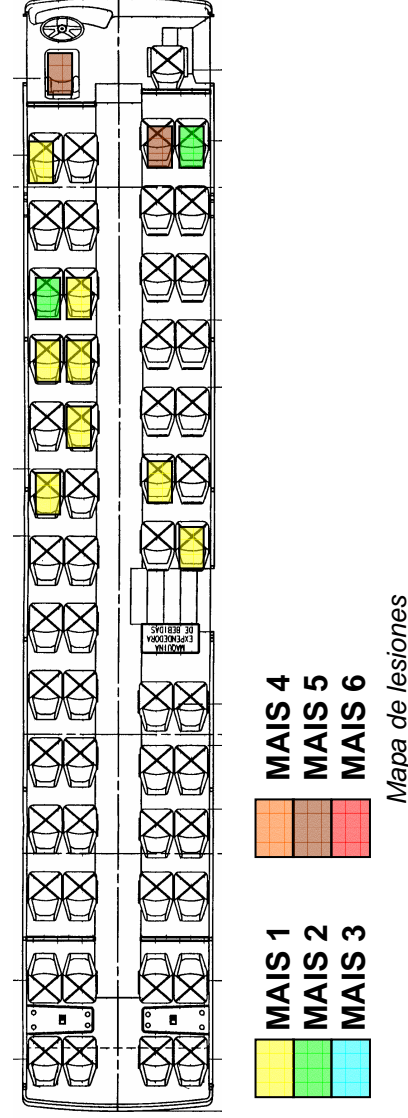
Secuencia seguida por el autocar

El autocar circulaba a una velocidad de 80 km/h en el momento del accidente. Al abandonar la autovía a través del carril de deceleración y trazar la curva a una velocidad superior a la crítica (definida por el radio de curvatura y coeficiente de fricción del pavimento asfáltico), el vehículo se deslizó lateralmente dejando marcas de fricción, y arrasó las barreras de retención instaladas en el margen izquierdo antes de caer a la vaguada. Debido a la fricción lateral, el autocar perdió velocidad y pasó de circular a 80 km/h a hacerlo a una velocidad de 74 km/h en el momento de chocar contra las barreras de retención de vehículos. La elevada energía cinética que llevaba el autocar en ese instante hizo que la disminución de velocidad fuese pequeña (hasta los 68 km/h) y que las biondas no pudiesen retener al vehículo. Al caer por el terraplén el vehículo sufrió desperfectos en los bajos, parte delantera y parte trasera del lado derecho como consecuencia de diferentes golpes contra la pared, en el lateral izquierdo a causa del arrastre por la vaguada, y en el frontal en el impacto final contra la pared.



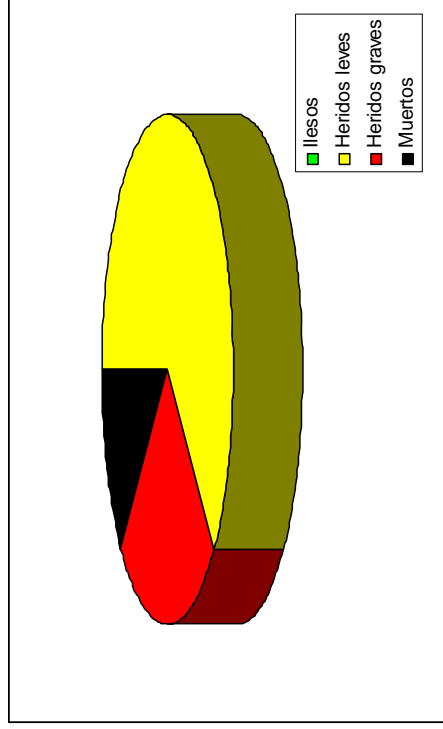
Secuencia seguida por el autocar

Distribución de las lesiones



Las deceleraciones sufridas presentaban tres diferentes fases correspondientes a las diferentes secuencias del vehículo: giro brusco hacia la derecha, vuelco hacia la izquierda y arrastre sobre el costado izquierdo, e impacto contra la pared de la vaguada. Ninguno de los cinturones instalados en el autocar fue utilizado.

No se conoce la situación de todos los ocupantes. Teniendo en cuenta los datos conocidos, las posiciones más sufridas son las de la parte frontal, donde el nivel de compartimentación es menor.

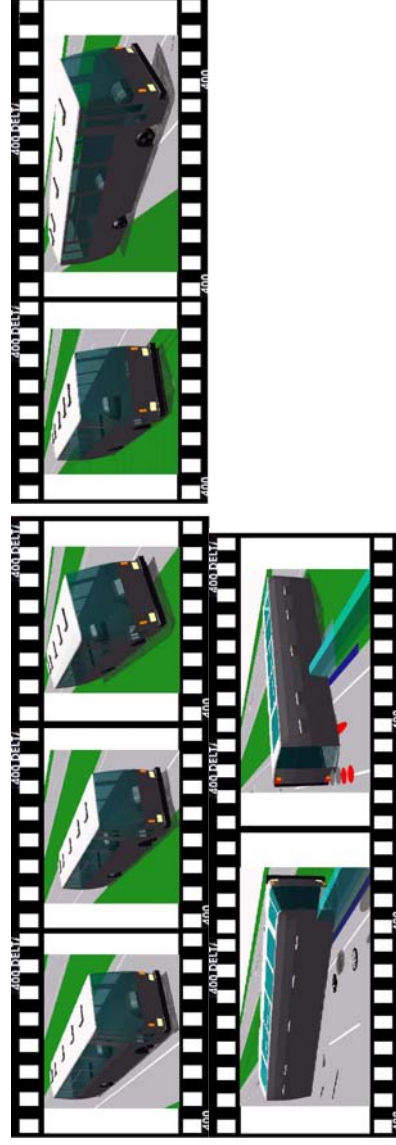


Distribución de las lesiones

ACCIDENTE 06
Secuencia seguida por el autocar

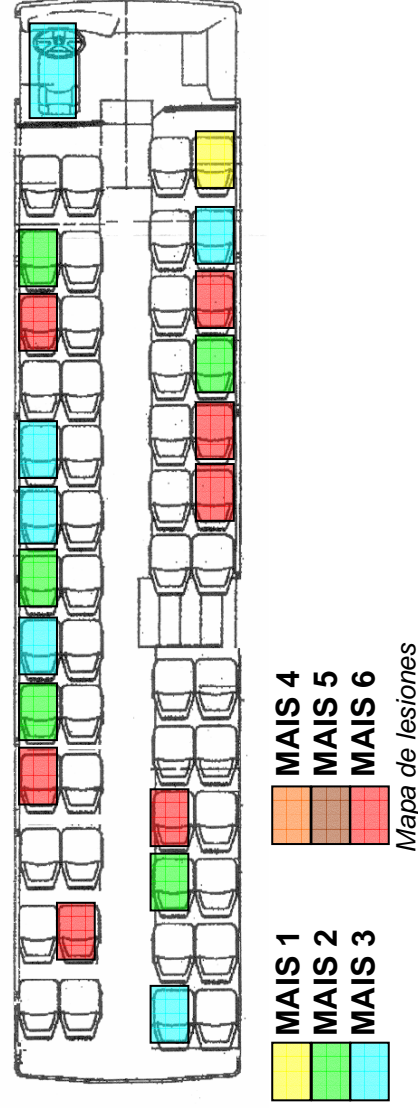
DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

El autocar circulaba por el carril derecho de la autovía a una velocidad de 100 km/h cuando abandonó la calzada por su margen derecho. La circulación del vehículo por la cuneta situada en el margen derecho dejó marcas de rodadura sobre la superficie embarrada. Al percibir la situación de peligro, el conductor inició la maniobra de evasión, una vez transcurrido el tiempo de reacción, intentando volver a la vía realizando un giro brusco hacia la izquierda. Fue entonces cuando habiendo iniciado el vuelco, golpeó las biondas de retención de vehículos instaladas junto a la mediana de la parte izquierda. El vehículo se detuvo ocupando parte de la mediana, el carril izquierdo y parte del carril derecho.

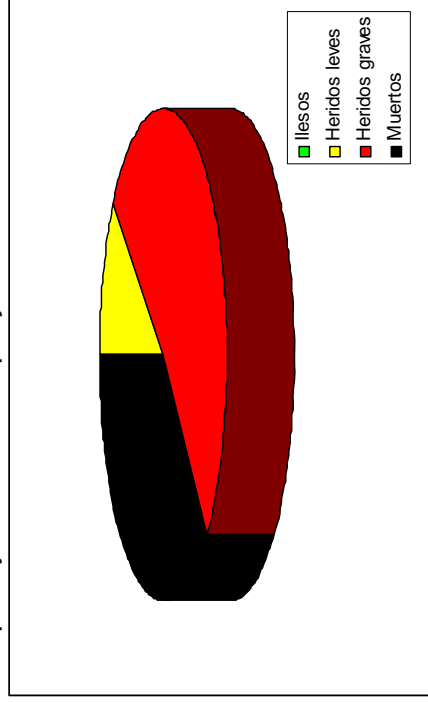


Secuencia seguida por el autocar

Análisis de las lesiones



La cinética del vehículo, giro brusco hacia la izquierda y vuelco sobre el lateral derecho alrededor del eje de giro definido por las ruedas del lado derecho, hizo que muchos de los 19 pasajeros salieran proyectados fuera del autocar.

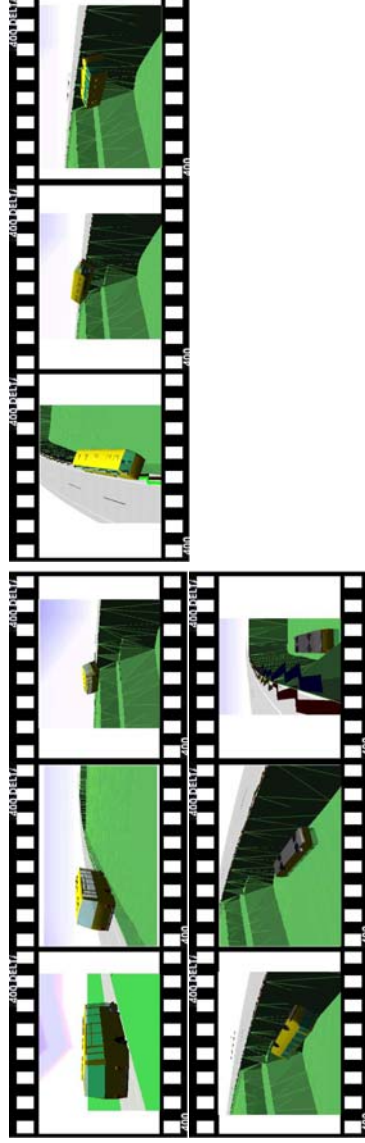


Distribución de las lesiones

ACCIDENTE 08

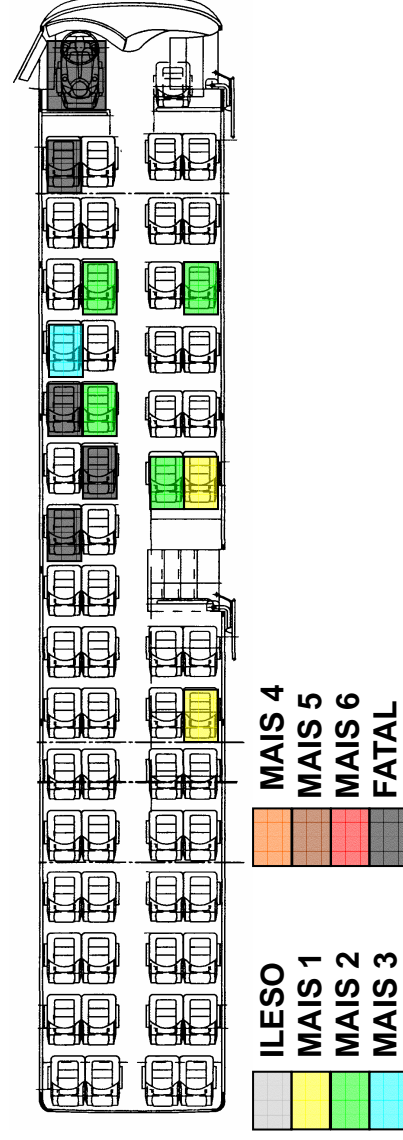
Secuencia seguida por el autocar

El autocar circulaba a una velocidad de 67 km/h cuando se salió de la vía por su margen derecho. Las ruedas del lado derecho rodaron sobre la cuneta mientras que las del lado izquierdo lo hicieron sobre el arcén izquierdo. Las biondas de retención de vehículos instaladas en el margen derecho sirvieron de guía al vehículo que se dirigía hacia el puente. Las ruedas del lado derecho quedaron suspendidas en el aire al llegar a la altura del puente a una velocidad de 58 km/h. La parte izquierda del autocar arrasó 15 metros de vallas de protección lateral, instaladas en el extremo del puente, antes de caer desde una altura de 12 metros. Al caer sobre el suelo próximo al cauce del río con su techo, el autocar sufrió un aplastamiento de los montantes hasta la base de las lunas laterales. El autocar quedó parado apoyado sobre su techo.



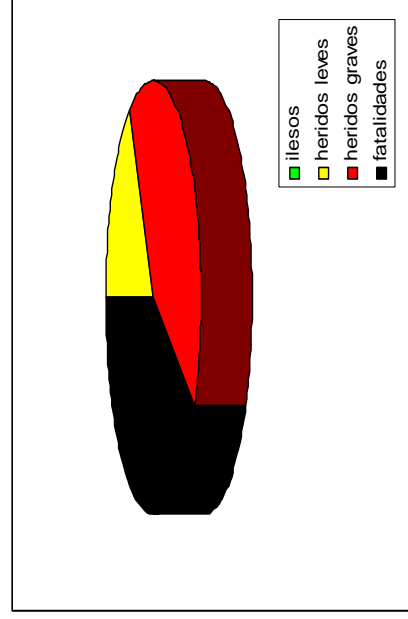
Secuencia seguida por el autocar

Análisis de las lesiones



Muestra mapa de lesiones

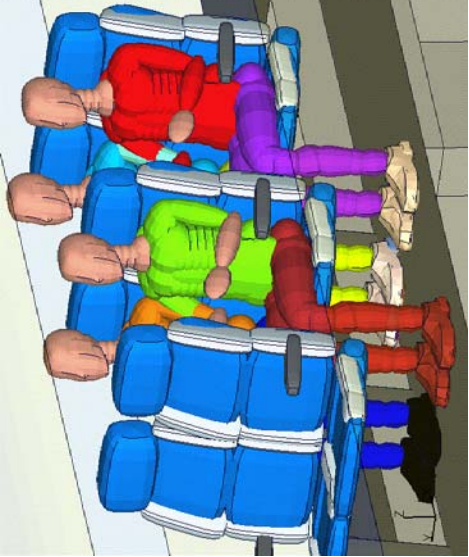
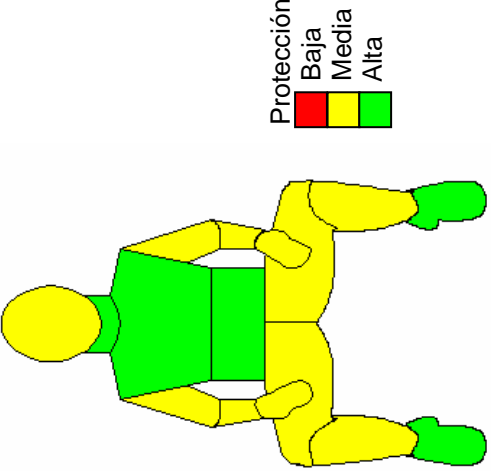
Al caer por el puente, el vehículo volcó dando media vuelta e impactando contra el suelo con su superestructura. Los pasajeros del autocar, movidos por su inercia, impactaron contra diferentes elementos del interior del autocar.



Distribución de las lesiones

Protección de los ocupantes en vuelcos

Ángulo de *roll* < 90° (no eyección de los ocupantes)

<p>Caso general</p> 	 <p>Protección Baja Media Alta</p>
<p>Al no completar los 90° en el vuelco los ocupantes del vehículo no sufren generalmente eyección fuera del mismo. La estructura lateral, las lunas, los asientos, o cualquier elemento rígido del interior del autocar pueden evitar la eyección del pasajero. Al permanecer los ocupantes dentro de su espacio de supervivencia, las lesiones padecidas son de severidad leve. Estas personas suelen presentar traumatismos, erosiones, abrasiones y cortes por todo el cuerpo.</p>	

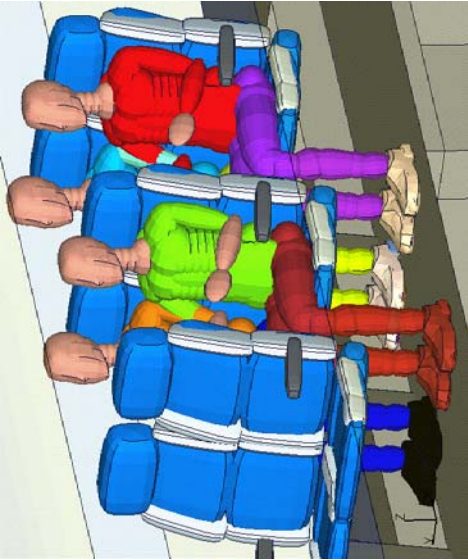
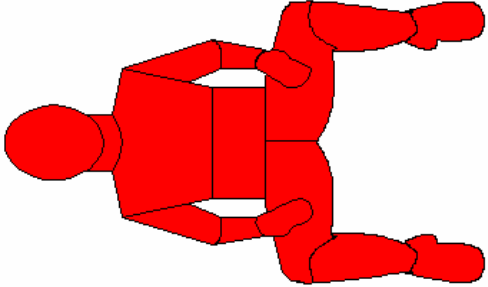
Ángulo de *roll* = 90° y dirección de eyección \perp dirección de la velocidad del autocar
(eyección de los ocupantes)

<p>Caso general</p> <p>Al describir un giro de 90° durante el vuelo, existe una elevada probabilidad que el pasajero, movido por su inercia y por la fuerza de la gravedad, sufra eyección fuera del habitáculo del vehículo. En el interior del vehículo existen elementos que pueden actuar como sistemas de retención pero que están diseñados con otros fines (asientos, apoyabrazos, montantes, mamparas de separación...). Es por ello que muchos de elementos son nocivos para los ocupantes. Tal y como se muestra en la figura, la protección que ofrecen los autocares en éste tipo de colisión es nula al abandonar el ocupante el denominado espacio de supervivencia.</p>	

Ángulo de $roll = 90^\circ$ y dirección de eyección || dirección de la velocidad del autocar
(eyección de los ocupantes)

<p>Caso general</p> <p>Al describir un giro de 90° durante el vuelco, existe una elevada probabilidad que el pasaje, movido por su inercia y por la fuerza de la gravedad, sufra eyección fuera del habitáculo del vehículo. En el interior del vehículo existen elementos que pueden actuar como sistemas de retención pero que están diseñados con otros fines (asientos, apoyabrazos, montantes, mamparas de separación...). Es por ello que muchos de elementos son nocivos para los ocupantes. Tal y como se muestra en la figura, la protección que ofrecen los autocares en éste tipo de colisión es nula al abandonar el ocupante el denominado espacio de supervivencia. La situación se agrava ante el hecho de que todas las personas que salen eyectadas son aplastadas y arrastradas por la estructura del autocar al presentar la misma dirección.</p>	

Ángulo de *roll* > 90°

Caso general				
	 <p data-bbox="801 236 831 363">Protección</p> <table data-bbox="860 245 958 373"><tr><td data-bbox="860 341 891 373">Baja</td></tr><tr><td data-bbox="891 341 922 373">Media</td></tr><tr><td data-bbox="922 341 958 373">Alta</td></tr></table>	Baja	Media	Alta
Baja				
Media				
Alta				
<p data-bbox="1160 178 1433 1326">Al describir un giro superior a 90° durante el vuelco, la superestructura del autocar suele colapsar debido a que los delgados montantes no son capaces de aguantar el elevado peso del vehículo. Se trata del vuelco de mayor severidad, ya que en caso de eyección los ocupantes son aplastados por la estructura del autocar, y en caso de permanecer dentro del vehículo, la superestructura de este puede aplastarlos. Tal y como se muestra en la figura, la protección que ofrecen los autocares en éste tipo de colisión es nula al abandonar el ocupante el denominado espacio de supervivencia o al deformarse significativamente éste. La situación se agrava ante el hecho de que todas las personas que salen eyectadas son aplastadas y arrastradas por la estructura del autocar al presentar la misma dirección.</p>				

Conclusiones relativas a los vuelcos

Conclusiones relativas al comportamiento de la estructura

- En los vuelcos laterales con ángulo de *roll* igual o inferior a 90° la estructura del autocar aguanta, permaneciendo inalterado el espacio de supervivencia (condiciones parecidas a las expuestas en el Reglamento 66). En estos casos, la estructura lateral absorbe la mayor parte de la energía de la colisión.
- En los vuelcos laterales con ángulo de *roll* superior a 90° la estructura del autocar no resiste, produciéndose intrusiones en el espacio de supervivencia (condiciones de mayor severidad a las descritas en el Reglamento 66). En estos casos, la estructura lateral y la superestructura absorben la mayor parte de la energía de la colisión.

Conclusiones relativas al comportamiento de los asientos de los pasajeros, sus anclajes, su capacidad para resistir las aceleraciones producidas durante la colisión, así como de los sistemas de retención presentes

- Al producirse el vuelco, los ocupantes cargan lateralmente los asientos. Los anclajes resisten la carga a excepción de algunos casos particulares en los que se deforman o rompen, causando el desprendimiento de alguna de las filas de asientos.
- Las bisagras instaladas entre la base y el respaldo del asiento aguantan las cargas producidas durante la colisión, a excepción del accidente en el que la superestructura del vehículo falla y el techo se colapsa, impactando directamente sobre las cabeceras de los asientos y abatiendo los respaldos hacia atrás.
- Ninguno de los cinturones de seguridad instalados es utilizado, por lo que no fue posible evaluar su eficiencia. Los únicos sistemas de retención de que dispone los ocupantes de los autocares son los elementos que definen su espacio de compartimentación (mamparas, asientos, portaequipajes, etc.). Éstos no han sido diseñados para la retención de los ocupantes, siendo en algunos casos causa de lesiones severas.
- La eyección de los ocupantes se produce en todos los casos a través de las ventanas laterales del vehículo.
- El diseño de los asientos permite el desprendimiento de sus bases, quedando la estructura de la banqueta sin acolchamiento, lo cual supone un elemento de riesgo.

- Es práctica habitual de los conductores o propietarios de autocares, el quitar y poner banquetas de asientos según el trayecto a realizar, modificando la distribución interior del vehículo.

Conclusiones relativas al comportamiento y utilización de los dispositivos de evacuación del autocar en caso de emergencia, así como su accesibilidad en las condiciones presentes en el accidente

- No se observa ningún incumplimiento de las prescripciones del Reglamento 36 relativas a la accesibilidad de los dispositivos de evacuación.
- Las lunas delantera y trasera, así como las trampillas de evacuación del techo son los dispositivos utilizados tanto por los ocupantes como por los equipos de emergencia en la evacuación del pasaje del vehículo siniestrado.

5. Conclusiones

Aunque el porcentaje de accidentes en el que se ven involucrados autocares en los últimos años es relativamente bajo (1.17 %), el número de víctimas es alto y no se ha percibido una disminución en la cantidad de accidentados. Por lo que es fundamental continuar incentivando y reforzando sobre las medidas de seguridad pasiva, con el fin de garantizar los requisitos mínimos de protección en sus ocupantes.

Al igual que en los automóviles de tipo turismo, en los autocares el uso del cinturón de seguridad es obligatorio al igual que es obligatoria en ambos autocares y turismos la instalación en todas de las plazas (para nuevos tipos desde octubre de 2006 y para las nuevas matriculaciones desde octubre de 2007). En los autocares se pueden instalar cinturones de dos puntos en todas las plazas excepto aquellas que presentan mayor peligrosidad, como son las enfrentadas al pasillo, al pozo de escalera y la primera fila de asientos, en las cuales se debe instalar un cinturón de tres puntos.

Existen distintos sistemas que pretenden garantizar la protección de los escolares en los autocares, pero la mayor parte de los casos presentan problemas cuando el sistema es utilizado por rangos amplios de edades y estaturas.

El sistema norteamericano presenta espacios reducidos y zonas de impacto capaces de absorber la energía del choque, pero en el caso que el ocupante no se encuentre en la posición adecuada o se produzca un vuelco, este sistema, al no incluir la instalación ni el uso del cinturón de seguridad, no protegerá ni mantendrá al ocupante en su lugar durante del accidente.

La tendencia europea propone el uso de cinturones u otros sistemas de retención en los autobuses, pero el inconveniente es que en la actualidad éstos están diseñados y verificados para su utilización por ocupantes adultos no siendo los más adecuados para su utilización por menores y presentan problemas de postura y tallas.

Existe una propuesta americana en la que los asientos incorporan cinturones de seguridad de tres puntos y un cojín elevador integrado, que se camufla en el propio respaldo del asiento. Esta propuesta puede ser una solución válida para un rango más amplio de tallas.

En el sistema de dos puntos (abdominal), como la retención es solo en la zona pélvica se produce una gran excursión del torso y de la cabeza en el momento de choque, lo que produciría lesiones similares a las del sistema norteamericano.

DEFINICIÓN DEL MAPA ACTUAL DE LA SEGURIDAD INFANTIL EN LOS AUTOCARES.

El cinturón de tres puntos, de características similares al anterior, incorpora un tercer punto, el cual ha de ser ajustable a la altura del ocupante y por otro lado reduce en forma eficaz la aceleración y desaceleración del torso, haciendo que se reduzca el riesgo de lesiones.

Por lo tanto, después de ser aprobado el Real Decreto 965/2006, donde se especifica la obligatoriedad del uso de los dispositivos de seguridad en los autocares y las condiciones de seguridad en el transporte, se debe garantizar la protección de cualquier ocupante, mediante:

- Instalar en los autocares butacas que incorporen cinturones de seguridad o sistemas de retención que sean adecuados a las tallas de niños de entre 95 cm y 135 cm de altura. Este rango de alturas se corresponden respectivamente a la talla media de un niño de tres años y a la altura mínima para que los niños deban utilizar los cinturones de seguridad de los adultos según se recoge en el Reglamento General de Circulación.
- Los cinturones de seguridad o los sistemas de retención instalados para su utilización por niños deberán ser verificados mediante los procedimientos del Reglamento 44/04 y con el pulso de aceleración correspondiente al Reglamento 80 en impacto frontal.
- En el caso que los cinturones o los sistemas de retención instalados en las plazas de los autocares sean adecuados para su utilización por niños, deberán llevar un anagrama que identifique la plaza como válida para su utilización por niños en el rango de tallas correspondientes a las que han sido verificados de tal forma que no existan dudas sobre la adecuación de estos sistemas para su utilización por los niños.

Memoria del proyecto

Sistema de retención infantil integrado en
asientos de autocares destinados a
transporte escolar

FITSA

Realizado por:

José Manuel Barrios
Ingeniero de Proyectos,
Seguridad Pasiva

Revisado por:

Ignasi Ferrer
Director de Innovación

Fecha de entrega, 30/9/2004

Este informe contiene 93 páginas.

SUMARIO

1. OBJETIVOS	4
2. CONCLUSIONES	5
3. SINTESIS DE ESTUDIOS PREVIOS SOBRE ACCIDENTES REALES	6
3.1. Introducción	6
3.2. Miscelánea de los casos estudiados	6
3.3. Conclusiones	34
3.4. Recomendaciones	37
4. ESTUDIO SOBRE LEGISLACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	39
4.1. REAL DECRETO 443/2001, de 27 de abril, sobre condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores.	39
4.2. Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 91/671/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el uso obligatorio de cinturones de seguridad en vehículos de menos de 3,5 toneladas	42
4.3. Reglamento 80/01: Asientos y sus anclajes (M ₂ y M ₃)	45
4.4. Reglamento 44/03: Dispositivos de retención para niños	46
5. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL EN ASIENTOS DE AUTOCAR	48
5.1. La necesidad de un Sistema de Retención	48
5.2. Consideración del transporte escolar	51
5.3. AMFE – Análisis Modal de Fallos y Errores	52
5.4. Estudios anteriores – El caso norteamericano	52
5.5. Planteamiento del Proyecto de Integración	57
6. PRIMEROS PROTOTIPOS	63
6.1. Líneas de diseño de los primeros prototipos	63
6.2. Cálculo y simulación de la cinemática de los ocupantes adultos haciendo uso del cinturón de seguridad con ajuste automático de la altura del reenvío bajo las condiciones descritas en el Reglamento 80	65
6.3. Construcción de los primeros prototipos	78
7. HOMOLOGACIÓN DE PROTOTIPOS	83
7.1. Posicionamiento de los dummies en los prototipos	83
7.2. Ensayos de homologación	85

8. PATENTE DEL DISPOSITIVO DE AJUSTE AUTOMÁTICO DE LA ALTURA DEL REENVÍO DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD	86
8.1. Introducción	87
8.2. Proceso de patente del sistema	87
8.3. Registro de la patente	93

1. OBJETIVOS

Es objetivo de este proyecto diseñar, desarrollar, homologar y patentar un sistema de retención para autocares que garantice la protección de los ocupantes, tanto adultos como infantiles, manteniendo las premisas de no-utilización de complementos y conveniencia para todo tipo de tallas, sin necesidad de ajustes.

2. CONCLUSIONES

El estudio en profundidad de una muestra representativa de accidentes de tráfico con implicación de autobuses mostró que la principal causa de las lesiones leves era el impacto del ocupante contra las estructuras rígidas del interior del vehículo, y la principal causa de las lesiones graves y fatales, la eyección parcial o total fuera del habitáculo. Por ello parece claro que cualquier acción encaminada a mejorar la seguridad proporcionada por los autocares debe ir dirigida a evitar en primer lugar la eyección de los pasajeros, y en segundo lugar a evitar los contactos con las partes rígidas del habitáculo. La garantía de retención de todos los ocupantes en adición a la invariabilidad del espacio de supervivencia hubiese evitado la gran mayoría de las lesiones sufridas por los ocupantes de los vehículos siniestrados. Así pues es posible concluir que la utilización correcta de cinturones de seguridad, principal sistema de retención en turismos, evita tanto la proyección de los ocupantes en colisiones donde la deceleración de mayor importancia es la del eje longitudinal del vehículo, como la eyección en los casos de vuelco, y por lo tanto reduce el número y gravedad de las lesiones en caso de accidente.

El transporte de personas en autocar implica la convivencia en el mismo vehículo de un gran número de ocupantes de muy diferentes tallas. En el transporte escolar es inviable el disponer de Sistemas de Retención Infantiles de diferentes grupos de masa (G0, G0+, G1, G2, G3) que garanticen la protección correcta de todos los ocupantes. El cinturón de seguridad está diseñado en la actualidad para la protección de los ocupantes adultos pudiendo causar lesiones al ser utilizado para la protección de los ocupantes infantiles. Así pues es posible concluir que el diseño y homologación de un sistema de retención compatible para todo tipo de ocupante supondría una mejora significativa en materia de seguridad pasiva en el transporte de personas.

Un Sistema de Retención Infantil integrado en un asiento de autocar debe ser a su vez compatible con su utilización por parte de adultos sin necesidad de ninguna preparación, y debe impedir: su no utilización, la utilización en configuración adulto por parte de niños, y la utilización en configuración infantil por parte de adultos. Es por ello que el dispositivo debe presentar un ajuste automático de la altura del reenvío según la talla del ocupante.

Este proyecto ha servido para el diseño, desarrollo, construcción, homologación y patente del sistema de retención infantil integrado en asientos de autocares para el transporte escolar que garantiza la protección de los ocupantes, tanto adultos como infantiles, manteniendo las premisas de no-utilización de complementos y conveniencia para todo tipo de tallas, sin necesidad de ajustes.

3. SINTESIS DE ESTUDIOS PREVIOS SOBRE ACCIDENTES REALES

3.1. Introducción

Dentro de la consultoría para un realizar un estudio de accidentes de tráfico, con implicación de autocares, que a través de concurso público la Dirección General de Tráfico adjudicó a IDIADA AT, el equipo de reconstrucción de accidentes realizó el estudio con profundidad de 8 accidentes de tráfico ocurridos en la red viaria española durante el periodo de tiempo comprendido entre Octubre de 2000 a Octubre de 2001.

3.2. Miscelacia de los casos estudiados

3.2.1. Caso 2000-01

Tipología del accidente: Impacto frontal del autocar contra el chasis del camión volcado sobre su lateral.

Vehículos implicados: Autocar MERCEDES BENZ / O 404, carrocería TOURING (NOGE); Camión VOLVO / FH12 4X2; Remolque LAMBERET / LVFS BAST.

Nº de ocupantes del autocar: 48

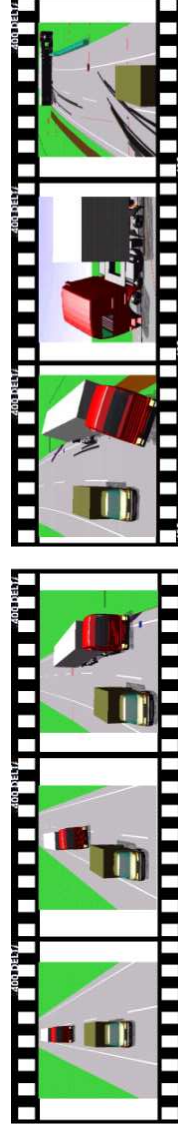
Nº de heridos leves del autocar: 27

Nº de heridos graves del autocar: 18

Nº de muertos del autocar: 3

Reconstrucción del accidente:

La maniobra de adelantamiento con un offset elevado, por parte del camión, supuso la circulación parcial por la cuneta, el cual, tras intentar recuperar la circulación por la calzada volcó saliendo eyectado el conductor. El giro hizo que las llantas rascarán el asfalto provocando hendiduras en el pavimento. La cabeza tractora impactó contra el suelo y arrancó las biondas que se encontraban en el margen derecho, quedando el camión articulado cruzado sobre la calzada y apoyado sobre su lateral izquierdo. El autocar circulaba por el carril derecho de la autopista a una velocidad aproximada de 105 km/h cuando detectó la presencia de un camión parado en el carril derecho y con los intermitentes de posición activados. Con la finalidad de evitar el impacto contra el camión allí estacionado, cambió de carril. Posteriormente, detectó la presencia del camión articulado volcado e inició una maniobra de frenado brusco sin impedir el impacto frontal contra el chasis del remolque.



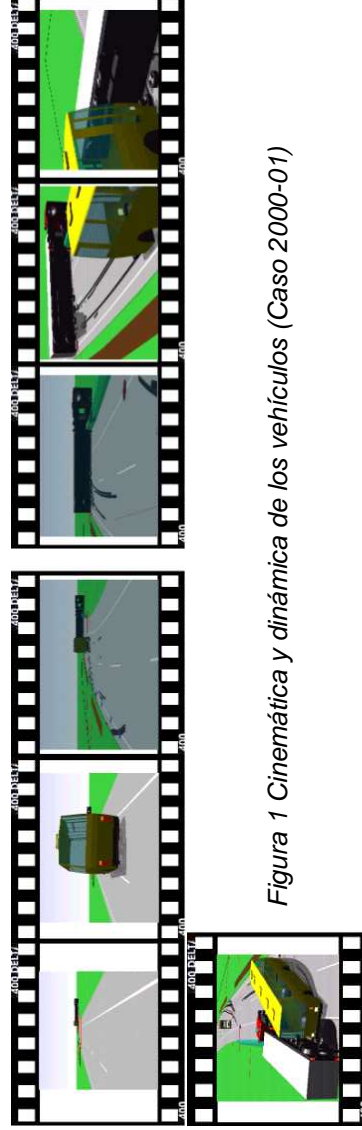


Figura 1 Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2000-01)

Cinemática y dinámica de los ocupantes. Análisis de las lesiones:

Las deceleraciones sufridas presentaban una importante componente frontal y una componente lateral de menor magnitud que provocaron el movimiento de los ocupantes movidos por su inercia hacia delante y hacia la izquierda. Ninguno de los cinturones instalados en el autocar fue utilizado. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Conductor:

El conductor sufrió heridas fatales en la parte frontal de la cabeza al golpearse contra el chasis del articulado, heridas fatales en la parte occipital de la cabeza al golpearse de rebote contra el marco de la puerta y heridas severas a la altura de la caja torácica al impactar contra el volante saliendo eyectado parcialmente del autocar a través de la ventana de la puerta.

Primera fila parte izquierda:

Presentaban como único sistema de retención la mampara de separación con la posición del conductor. Los ocupantes quedaron retenidos en su compartimento gracias a ésta sufriendo lesiones en las extremidades, tórax y cabeza al golpearla.

Primera fila parte derecha:

Presentaban como único sistema de retención la mampara de separación con la posición del guía (que cedió a causa del impacto de los ocupantes). El ocupante ubicado en el lado izquierdo (próximo al pasillo) salió proyectado de su compartimento hasta golpear con el chasis del vehículo articulado, sufriendo, a causa del impacto, heridas mortales en la cabeza. El ocupante ubicado en lado derecho (próximo a la ventana) sufrió heridas internas letales por la violencia del impacto contra la mampara a la altura de la arteria aorta, pese a no salir proyectado.

Fila de asientos anexa al espacio de las escaleras:

Los ocupantes ubicados en estas posiciones no encontraron ningún impedimento físico que evitara que su inercia les llevara a salir expulsados de su compartimento habitual ya que la mampara de separación cedió. El ocupante de la izquierda

(próximo al pasillo) cayó sobre el suelo al desprenderse la mampara de separación sin llegar a caer en el hueco de las escaleras, por lo que sus heridas fueron leves. El ocupante de la derecha (próximo a la ventana) cayó en el espacio de acceso al interior del autocar a través de las escaleras, golpeándose contra el marco del lavabo y las escaleras, estructuras de gran rigidez, sufriendo fracturas vertebrales de gravedad.

Parte derecha central:

La velocidad angular negativa correspondiente a la colisión hizo que algunos ocupantes se golpearan primero contra el respaldo delantero para salir despedidos al pasillo después. La mayoría de las lesiones provocadas son heridas inciso-contusas en la cara y fracturas de los huesos propios causadas por el impacto contra los respaldos delanteros.

Parte izquierda central:

El movimiento de los ocupantes hizo que éstos sufrieran heridas en la cara (fracturas de huesos faciales (huesos propios) y heridas inciso contusas) del mismo tipo que los del lado derecho como causa del golpe contra los respaldos de los asientos situados delante. Algunos ocupantes del lado ventana sufrieron traumatismos en la cabeza y cortes en la cara al golpearse con los vidrios de las ventanas, debido a la particular posición que adoptaban en su asiento en el momento del impacto. Algunos ocupantes sufrieron contusiones y dislocaciones en las extremidades superiores e inferiores.

Cinemática y dinámica del autocar

- El autocar MERCEDES BENZ O404 llevaba una velocidad de 70 km/h en el momento del impacto. Éste tuvo una PDF=1 y tras el impacto, la velocidad del autocar pasó a ser de 47,74 km/h. La ΔV calculada del autocar fue de 22,7 km/h y la EES (*Equivalent Energy Speed*) fue de 36 km/h. Con la finalidad de determinar el pulso de deceleración sufrido por el autocar, se realizaron las siguientes hipótesis:
 - Se define una primera fase del choque como 100% frontal con un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales del autocar y el semirremolque.
 - La duración del choque se limita al intervalo durante el cual se deforman el frontal del autocar y el bastidor del semirremolque. La deformación frontal del autocar se considera uniforme a lo ancho del frontal (perpendicular al eje longitudinal) y de una profundidad de 0.6 m. La deformación del semirremolque también se considera uniforme, aunque paralela al eje longitudinal y de una profundidad de 0.15 m.
 - La variación de velocidad, ΔV , es de 22 km/h. En consecuencia, al mantenerse el ángulo de 90° antes y después del impacto, el autocar reduce su velocidad de 70 a 48 km/h.

- Se estima que el pulso cuadrado de deceleración al cual fue sometida la estructura frontal del autocar durante la primera fase del choque que hemos definido fue de 13.7g durante 46 ms.

Estructura, superestructura y sistemas de retención

- La práctica totalidad de la energía absorbida por el autocar se produjo en su parte frontal. La intrusión máxima en la parte frontal del autocar es de 157 cm y se produce a una altura de 222 cm en el montante A derecho. El habitáculo de la posición “GUÍA” quedó eliminado y el del “CONDUCTOR” se vio reducido, y aunque intrusado su espacio de supervivencia no quedó eliminado. La superestructura del autocar no se vio afectada por el impacto.
- La gran mayoría de asientos fueron cargados por los ocupantes de las filas posteriores correspondientes. Esto hizo que los anclajes de sujeción a la pared de cada pareja de asientos resistieran los efectos de la colisión, mientras que los anclajes de sujeción con la guía del pasillo sufrieron un corrimiento hacia adelante de unos 10-30 cm, produciendo así la deformación de las patas. El comportamiento de los asientos no fue uniforme, es decir, mientras que parte de ellos no presentaban un corrimiento significativo, otros se desplazaron considerablemente. Esto se debe a que el montaje de estos asientos influye en la resistencia de los anclajes.
- Los asientos de las posiciones “GUÍA” y “CONDUCTOR” disponían de cinturones de seguridad (tres puntos montado sobre el asiento y tres puntos montado sobre el montante respectivamente). Ninguno de ellos fue utilizado por lo que no fue posible evaluar su comportamiento durante el accidente.

3.2.2. Caso 2000-02

Tipología del accidente: Salida de la vía del autocar por el margen izquierdo y posterior vuelco sobre su lateral izquierdo.

Nº de ocupantes: 54

Nº de heridos leves: 29

Nº de heridos graves: 10

Nº de muertos: 1

Reconstrucción del accidente:

El autocar se encontraba circulando por la carretera anexa a la autovía cuando al intentar acceder a ésta confundió el desvío dirigiéndose hacia un camino de acceso a un polígono industrial. Al darse cuenta de su equivocación, encontrándose sobre el camino sin asfaltar, el conductor del autocar intentó acceder a la autovía cruzando la cuneta situada entre el arcén derecho de la vía y el camino por donde circulaba el autocar. Al caer por la cuneta, el conductor inició una frenada brusca con el fin de

detener el vehículo. El autocar circuló apoyado sobre lateral izquierdo hasta detenerse definitivamente al impactar contra una roca situada en la cuneta. El vehículo quedó inclinado, apoyado en las biondas de la autovía, sin llegar a completar un cuarto de roll-over.

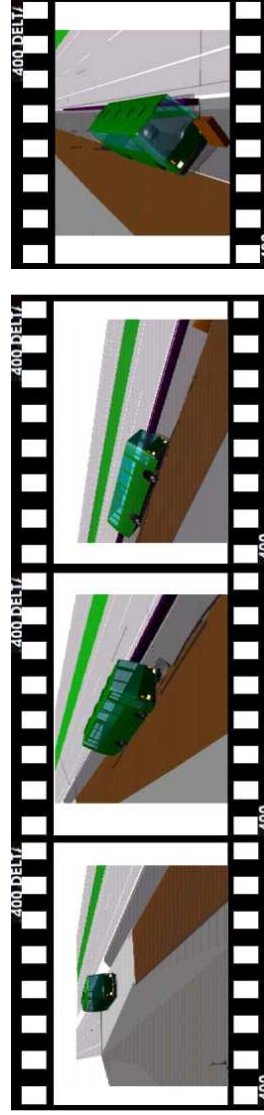


Figura 2 Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2000-02)

Cinemática y dinámica de los ocupantes. Análisis de las lesiones:

Las deceleraciones sufridas presentaban una importante componente frontal así como una componente angular de roll de menor magnitud, que provocaron el movimiento de los ocupantes movidos por su inercia hacia delante y hacia los lados. No había cinturones de seguridad en ninguna de las plazas del autocar. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Primeras filas parte izquierda:

Los ocupantes movidos hacia delante por su inercia, se golpearon con los objetos presentes. Numerosas manchas de sangre fueron encontradas en las partes posteriores de los asientos (causadas por los pasajeros que viajaban en las posiciones inmediatamente posteriores), así como en el respaldo y cabecera de los asientos (causadas por las personas que viajaban en estos lugares). Numerosas manchas de sangre fueron detectadas en los montantes, marcos inferiores de las ventanas, así como en la pared. Todas las lunas laterales de la parte izquierda se encontraban rotos. Los anclajes de los asientos ubicados en esta área fallaron. Este hecho hizo que las tres primeras filas saliesen despedidas. Los ocupantes no dispusieron de ningún sistema de retención. El espacio de compartimentación aumentó al igual que la severidad de los golpes con objetos interiores del vehículo. Algunos de los ocupantes sufrieron eyecciones parciales, impactando posteriormente con la bionda ubicada en el margen derecho de la autovía o quedando aplastados por la estructura del autocar. Los ocupantes de estos asientos sufrieron amputaciones en extremidades inferiores, fracturas de huesos de extremidades inferiores y superiores, aplastamiento de extremidades superiores, secciones de nervios de extremidades superiores, etc...

Filas de asientos posteriores de la parte izquierda:

Los ocupantes se golpearon con los respaldos delanteros, con los marcos y montantes de las ventanas, así como con la luna lateral izquierda. Algunas manchas de sangre fueron encontradas en las partes posteriores de los asientos (causadas por los pasajeros que viajaban en las posiciones inmediatamente posteriores), así como en el respaldo y cabecera de los asientos (causadas por las personas que viajaban en estos lugares). Algunas manchas de sangre fueron detectadas en los montantes, marcos inferiores de las ventanas, así como en la pared. Todas las lunas laterales de la parte izquierda se encontraban rotos. La cinemática descrita por el vehículo hizo que los ocupantes de las filas de la parte trasera sufrieran mayor aceleración que el resto de pasajeros. Los anclajes en este caso resistieron el impacto, con lo que el espacio de compartimentación restó inalterado. Los ocupantes de estos asientos sufrieron fracturas en sus extremidades, erosiones, cortes y escoriaciones en diferentes partes, etc...

Asientos lado del pasillo de la parte derecha:

Algunos brazos de estos asientos se encontraban cargados. Al producirse un movimiento de roll sobre el lado izquierdo, los ocupantes de estos asientos salieron despedidos hacia la izquierda realizando un esfuerzo sobre los brazos de separación con el pasillo. Los ocupantes de estos asientos sufrieron contusiones y fracturas costales.

Resto de asientos:

El vuelco definido por el vehículo no fue completo. Es por ello que la componente de la aceleración más importante fue la longitudinal. El movimiento hacia delante de la mayoría de los ocupantes hizo que éstos sufrieran heridas en la cara (fracturas de huesos faciales (huesos propios) y heridas inciso contusas), y contusiones y dislocaciones en las extremidades superiores e inferiores como causa del golpe contra los respaldos de los asientos situados delante.

Cinemática y dinámica del autocar:

El autocar MERCEDES BENZ O303 llevaba una velocidad de 86 km/h al acceder al camino sin asfaltar. Al volcar en la cuneta de 70 cm de profundidad, el autocar golpeó el suelo de la zanja a una velocidad de 50 km/h. El impacto contra la roca situada en la cuneta se produjo a una velocidad de 18 km/h, con una ΔV de 9 km/h y una EES (Equivalent Energy Speed) de 5 km/h, siendo la PDF (Principal Direction of Force) 11. La máxima inclinación alcanzada por el autocar en este vuelco fue de 45° (ángulo definido entre un plano vertical referencia y el plano vertical longitudinal de simetría del autocar), aunque en su inclinación final fue de 37°.

Estructura, superestructura y sistemas de retención:

- Debido a las características de la colisión, la totalidad de la energía fue absorbida por la superestructura (momento en el que volcó), la parte lateral izquierda (intervalo de deslizamiento por la cuneta) y el montante A izquierdo (impacto final contra la roca). El espacio de supervivencia no se vio afectado como consecuencia del accidente. La superestructura del autocar no invadió el espacio de supervivencia. En la parte frontal hubo una intrusión sobre el montante A izquierdo de 19 cm (lateral) y de 45 cm (frontal).
- A excepción de las tres primeras filas de asientos de la parte izquierda, todos los asientos se mantuvieron fijos a sus anclajes y éstos fijos a la plataforma. Los asientos de las tres primeras filas de la parte izquierda resultaron desprendidos a causa de un fallo en los tornillos de anclaje a la pared del vehículo al producirse el vuelco. También falló la sujeción con la guía donde se sujetan las patas del asiento próximas al pasillo así como parte del suelo de madera bajo los asientos en cuestión.

Ningún asiento disponía de cinturones de seguridad instalados (ni los asientos de las posiciones "GUÍA" y "CONDUCTOR").

3.2.3. Caso 2001-03

Tipología del accidente: Salida de la vía del autocar por el margen izquierdo, posterior vuelco sobre su lateral izquierdo al caer en una vaguada parándose sobre sus ruedas.

Nº de ocupantes: 24

Nº de heridos leves: 15

Nº de heridos graves: 6

Nº de muertos: 3

Reconstrucción del accidente:

El autocar circulaba a una velocidad de 80 km/h en el momento del accidente. Al abandonar la autovía a través del carril de deceleración y trazar la curva a una velocidad superior a la crítica (definida por el radio de curvatura y coeficiente de fricción del pavimento asfáltico), el vehículo se deslizó lateralmente dejando marcas de fricción, y arrasó las barreras de retención instaladas en el margen izquierdo antes de caer a la vaguada. Debido a la fricción lateral, el autocar perdió velocidad y pasó de circular a 80 km/h a hacerlo a una velocidad de 74 km/h en el momento de chocar contra las barreras de retención de vehículos. La elevada energía cinética que llevaba el autocar en ese instante, hizo que la disminución de velocidad fuese pequeña (hasta los 68 km/h) y que las biondas no pudiesen retener al vehículo. Al caer por el terraplén el vehículo sufrió desperfectos en los bajos, parte delantera y parte trasera del lado derecho como consecuencia de diferentes golpes contra la pared, en el lateral izquierdo a causa del arrastre por la vaguada, y en el frontal en el impacto final contra la pared.

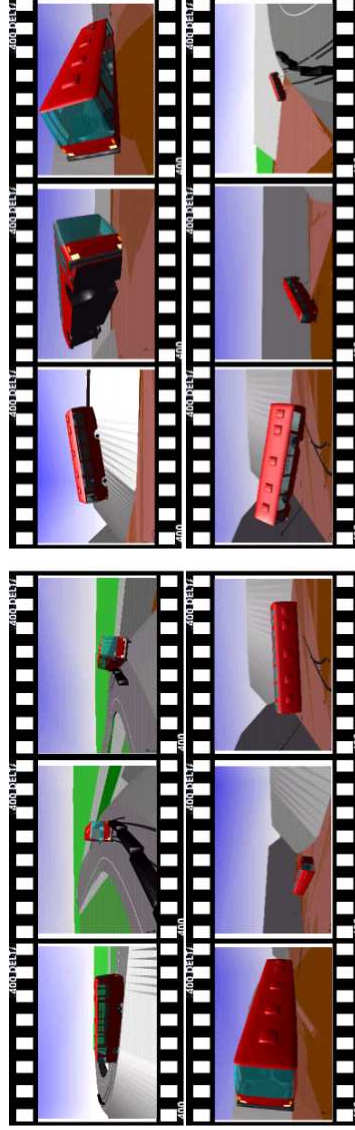


Figura 3 Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2001-03)

Cinemática y dinámica de los ocupantes. Análisis de las lesiones:

Las deceleraciones sufridas presentaban tres diferentes fases correspondientes a las diferentes secuencias del vehículo: giro brusco hacia la derecha, vuelco hacia la izquierda y arrastre sobre el costado izquierdo, e impacto contra la pared de la vaguada. Ninguno de los cinturones instalados en el autocar fue utilizado. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Parte central derecha:

En una primera fase del accidente, el autocar describió un giro brusco hacia la derecha, las ruedas del lado izquierdo fueron perdiendo agarre y finalmente contacto con el asfalto. La inercia de los ocupantes les hizo desplazarse hacia la izquierda. Fue en esta fase de inicio del vuelco cuando los ocupantes del lado derecho, al desplazarse hacia la izquierda, pudieron salir del compartimento que ocupaban. Cuando el vehículo caía por la vaguada, éste impactó con su parte derecha contra la pared volcando sobre el costado izquierdo. Al levantarse el autocar por su lado derecho, girando sobre el eje definido por las ruedas de la parte izquierda, los ocupantes fueron empujados por sus asientos hacia arriba a la izquierda. Algunos de los ocupantes del lado derecho rompieron el vidrio del lado izquierdo cayendo sobre la vaguada. El agua retenida hizo que en el suelo se formase un lecho de barro que amortiguó el golpe de los ocupantes. Otros ocupantes del lado derecho se golpearon contra elementos rígidos del interior del autocar (montantes, asientos del lado derecho...) en primera instancia, evitando así su eyección del autocar. El movimiento del autocar, paralelo a su eje longitudinal, en oposición a su vuelco, sobre su costado izquierdo, hizo que la mayoría de los ocupantes que salieron eyectados fuera del autocar no fueran aplastados por la estructura del vehículo.

Parte central izquierda:

Al encontrarse en el lado izquierdo, fueron éstos los ocupantes que en mayor número abandonaron el vehículo despedidos durante el accidente. Durante la primera fase del accidente, giro brusco hacia la derecha, la inercia de éstos ocupantes les hizo

desplazarse hacia la izquierda, golpeando las ventanas y pared del vehículo. Es poco probable que durante esta secuencia algún ocupante saliese eyectado fuera del vehículo ya que las aceleraciones laterales y de roll no fueron muy elevadas durante esta primera parte. Cuando el vehículo caía por la vaguada, éste impactó con su parte derecha contra la pared volcando sobre el costado izquierdo. Al levantarse el autocar por su lado derecho, girando sobre el eje definido por las ruedas de la parte izquierda, los ocupantes fueron empujados por sus asientos hacia arriba a la izquierda. Fue entonces cuando algunos de los ocupantes rompieron algunos de las ventanas cayendo sobre la vaguada. Todas las ventanas del lado izquierdo estaban rotas, ya sea por el impacto de los ocupantes o por el propio impacto del autocar contra el suelo. El agua retenida hizo que en el suelo se formase un lecho de barro que amortiguó el golpe de los ocupantes. El movimiento del autocar, paralelo a su eje longitudinal, en oposición a su vuelco, sobre su costado izquierdo, hizo que la mayoría de los ocupantes que salieron eyectados fuera del autocar no fueran aplastados por la estructura del vehículo.

Casino de la parte posterior:

Algunas de las posiciones estaban orientadas hacia atrás. La naturaleza del accidente, vuelco sobre el costado izquierdo, no muestra grandes diferencias, en cuanto a la cinemática de los ocupantes se refiere, entre aquellos asientos orientados hacia delante y aquellos orientados hacia detrás. En el caso de choque frontal existe una gran diferencia ya que en aquellos asientos orientados hacia atrás, el respaldo de su propio asiento resulta ser un efectivo sistema de retención. En la secuencia final del accidente, el autocar impacta contra la pared de la vaguada opuesta al lugar por donde cayó. Se trata de una colisión frontal no severa. En este momento los ocupantes ya no se encontraban en sus posiciones habituales (ya habían abandonado su compartimento). Es por ello que el análisis de la cinemática de los ocupantes de este accidente no depende de la orientación de los asientos. Estos asientos iban acompañados de unas mesas. Los ocupantes de estas posiciones pudieron impactar contra las mesas al abandonar sus asientos. Es por ello que durante las secuencias del accidente, las mesas se comportaron como elementos rígidos causa de algunas de las lesiones que padecieron los ocupantes. Fue en esta zona donde se encontró un cinturón cortado, posiblemente cortado en otro momento. En caso que alguna persona lo cortara, sería señal que alguno de los ocupantes usaba cinturón, impidiendo su eyección fuera del habitáculo y reduciendo con ello la severidad de sus lesiones.

Fila de asientos anexa al espacio de las escaleras:

Esta fila de asientos se encuentra ubicada detrás de la máquina de las bebidas. Ésta actuó como sistema de retención de los ocupantes. Se encontraba parcialmente desprendida como consecuencia del impacto que los ocupantes le proporcionaron. La máquina evitó la eyección de los ocupantes pero fue la causa de alguna de las lesiones que padecieron los ocupantes de esta fila.

Primera fila de la parte derecha y primera fila de la parte izquierda:

Esta área viene definida por aquellos asientos ubicados detrás de la posición del guía y detrás de la posición del conductor. Se trata de posiciones que presentan un amplio habitáculo. Este hecho favorece la eyección de los ocupantes. Las mamparas de separación de estos asientos con las posiciones del guía y del conductor se encontraban cargadas, verificando que en algún instante del accidente, los ocupantes empujaron, movidos por su inercia, estos elementos de retención. Al igual que en el caso de la máquina de bebidas, las mamparas evitaron la eyección de los ocupantes pero fueron la causa de alguna de las lesiones que padecieron los ocupantes de esta fila. La fila de asientos situada detrás de la posición del guía se encontraba desprendida como consecuencia del fallo de anclaje con la pared y posterior rotura del anclaje a la guía del pasillo. Al desprenderse una fila de asientos, la cinemática y dinámica de los ocupantes se resume en movimientos sin retención alguna e impactos contra los elementos rígidos presentes en el habitáculo interior del vehículo.

Posición del conductor:

Se trata de la posición del autocar que un mayor espacio de compartimentación dispone. Este hecho dificulta su retención en su compartimento favoreciendo su eyección. Durante las secuencias que definen este accidente el conductor salió fuera del habitáculo del vehículo. Es posible que la estructura del autocar aplastara al conductor produciéndole la muerte.

Las lesiones de mayor gravedad padecidas por los heridos graves y víctimas mortales implicados en el accidente se produjeron a causa de la eyección y posterior aplastamiento durante el arrastre de la carrocería sobre el suelo de la vaguada. La estructura del autocar conservó el espacio de supervivencia sin variación, pero la eyección de los ocupantes fuera del habitáculo del vehículo hizo que estos pudieran impactar contra elementos rígidos del interior o exterior del vehículo o incluso ser aplastados por el propio autocar. El movimiento longitudinal del vehículo (y no arrastre lateral del mismo) evitó que más ocupantes fueran aplastados. La garantía de no variación del espacio de supervivencia durante el accidente no tiene validez si los ocupantes abandonan dicho espacio de supervivencia.

Cinemática y dinámica del autocar:

El autocar MERCEDES BENZ O404 llevaba una velocidad de 80 km/h al acceder a la salida. El vehículo impactó contra las barreras de retención a 74 km/h, definiendo una PDF de 11 y una ΔV de 6km/h. El autocar impactó dos veces contra el terraplén de bajada a la vaguada una en el lado derecho delantero y otra en el lado derecho posterior. Posteriormente, el vehículo golpeó con todo su lado izquierdo el fondo de la vaguada a una velocidad de 57 km/h describiendo $\frac{1}{4}$ de vuelta. Tras el vuelco, el autocar se arrastró por el fondo de la vaguada sobre su lado izquierdo y en la dirección de su eje longitudinal hasta chocar frontalmente con el terraplén del carril de

acceso a la autovía. El impacto, a una velocidad de 36 km/h, enderezó el vehículo, que quedó parado en posición inclinada sobre sus ruedas en el terraplén.

Estructura, superestructura y sistemas de retención:

- Debido al vuelco de $\frac{1}{4}$ de vuelta desde una altura de 7.5 m, la práctica totalidad de la energía absorbida (un pico máximo de 18.9 g) por el autocar se produjo en su lado izquierdo. Los arcos de seguridad resultaron afectados. La deformación de los arcos de seguridad fue en incremento desde delante hacia atrás, llegando a la máxima intrusión en el arco de seguridad trasero: 30 cm de intrusión en el nudo superior izquierdo (a 3.5 m de altura). El espacio de supervivencia destinado a la protección de los pasajeros no sufrió intrusiones. El montante A, como consecuencia del impacto contra el terraplén se deformó. El resto de la estructura recibió múltiples impactos, provocando deformaciones apreciables en la parte delantera, donde hubo una intrusión en el techo de 30 cm.
- Al producirse un vuelco sobre el costado izquierdo, la gran mayoría de asientos fueron cargados lateralmente por los ocupantes de las filas contiguas correspondientes. Todos los anclajes de sujeción a la pared de cada pareja de asientos así como todos los anclajes de sujeción con la guía resistieron los efectos de la colisión, exceptuado la primera fila de asientos de la parte de la derecha (fila inmediatamente posterior a la posición del guía) donde falló el anclaje con la pared colapsando después el anclaje de sujeción con la guía del pasillo deformándose la pata y desprendiéndose el conjunto. Ello originó que sus ocupantes saliesen eyectados de su compartimento, moviéndose libremente por el habitáculo e impactando con numerosos elementos rígidos del interior del vehículo. Varias bases de los asientos estaban desprendidas y separadas de sus respaldos correspondientes. Algunos de los brazos de separación de los asientos estaban cargados y deformados lateralmente. En un principio, todos los asientos disponían de cinturones de seguridad de 2 puntos, exceptuando la posición del guía, posición donde se instaló un cinturón de seguridad de 3 puntos.
- Elementos como las mamparas de separación de las primeras filas con la posición del conductor y con la posición del guía, la máquina expendedora de bebidas, las mesas de la zona trasera del vehículo, la pared de separación de la zona trasera y delantera del vehículo... se comportaron como sistemas de retención circunstanciales, que si bien evitaron la eyección fuera del compartimento o incluso fuera del habitáculo del vehículo de alguno de los pasajeros del mismo, fueron la causa de algunas lesiones al comportarse como elementos rígidos con los que golpearon las personas durante la secuencia del accidente.
- Los asientos de las posiciones “GUÍA” y “CONDUCTOR” disponían de cinturones de seguridad (tres puntos montado sobre el asiento y tres puntos montado sobre el montante respectivamente). Todos los demás asientos disponían de cinturones de seguridad de dos puntos instalados. Ninguno de ellos fue utilizado por lo que no fue posible evaluar su comportamiento durante el accidente.

3.2.4. Caso 2001-04

Tipología del accidente: Salida de la vía del autocar por el margen derecho con posterior retorno a la calzada y vuelco sobre su lado derecho.

Nº de ocupantes: 19

Nº de heridos leves: 2

Nº de heridos graves: 10

Nº de muertos: 7

Reconstrucción del accidente:

El autocar circulaba por el carril derecho de la autovía a una velocidad de 100 km/h cuando abandonó la calzada por su margen derecho. La circulación del vehículo por la cuneta situada en el margen derecho dejó marcas de rodadura sobre la superficie embarrada. Al percibir la situación de peligro, el conductor inició la maniobra de evasión, una vez transcurrido el tiempo de reacción, intentando volver a la vía realizando un giro brusco hacia la izquierda.. Fue entonces cuando habiendo iniciado el vuelco, golpeó las biondas de retención de vehículos instaladas junto a la mediana de la parte izquierda. El vehículo se detuvo ocupando parte de la mediana, el carril izquierdo y parte del carril derecho.

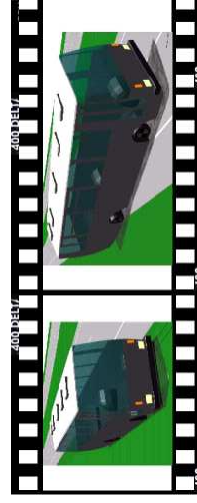
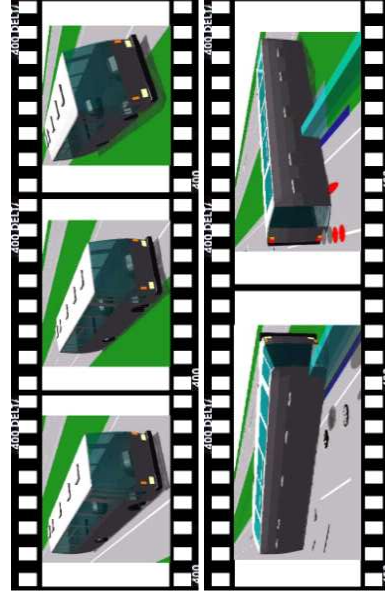


Figura 4 Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2001-04)

Cinemática y dinámica de los ocupantes. Análisis de las lesiones:

La cinética del vehículo, giro brusco hacia la izquierda y vuelco sobre el lateral derecho alrededor del eje de giro definido por las ruedas del lado derecho, hizo que muchos de los 19 pasajeros salieran proyectados fuera del autocar. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Parte izquierda:

En el momento en el que el autocar realizó la maniobra de giro brusco hacia la izquierda intentando recuperar la circulación normal por la calzada, la inercia de los ocupantes de la parte izquierda hizo que estos se desplazaran hacia la derecha, cayendo algunos sobre el pasillo, otros sobre el hueco de las escaleras delanteras y

otros sobre el hueco de las escaleras centrales. Al levantarse el autocar por su lado izquierdo, girando sobre el eje definido por las ruedas de la parte derecha, los ocupantes fueron empujados por sus asientos hacia arriba y hacia la derecha. Esto hizo que algunos de los ocupantes se golpearan con el portaequipajes del lado derecho, contra los asientos de las filas del lado derecho, contra los montantes del lado derecho o incluso saliesen eyectados fuera del vehículo. Aquellos ocupantes del lado izquierdo que se golpearon contra el portaequipajes o contra otros elementos del interior del autocar (montantes, asientos del lado derecho...) evitaron en primera estancia su eyección. Aquellos ocupantes del lado izquierdo que salieron eyectados fuera del vehículo fueron arrastrados y aplastados por la estructura del vehículo que se deslizaba sobre la bionda.

Parte derecha:

Los ocupantes de la parte derecha del vehículo pudieron salir eyectados durante la primera secuencia del accidente (pérdida de contacto de las ruedas del lado izquierdo con la calzada e inicio del vuelco) o durante la segunda secuencia (arrastré del vehículo volcado sobre su lateral derecho apoyado sobre las barreras de retención de la autovía). Durante la primera fase del accidente descrita, el autocar describió un giro brusco hacia la izquierda, hecho que condicionó que los ocupantes del lado derecho se desplazasen hacia la derecha golpeando las ventanas del costado derecho del vehículo, pudiendo romper alguna de ellas produciéndose algún corte con los cristales rotos y desprendidos.

Es posible que alguno de los 4 ocupantes del lado derecho que salieron eyectados lo hiciese durante esta primera parte del accidente. El vuelco del autocar hacia la derecha favoreció a la no eyección de algunos pasajeros, ya que el autocar seguía la misma cinemática que los ocupantes.

Una vez volcado el vehículo, durante la segunda parte del accidente, al arrastrarse el vehículo sobre la bionda, algunos de los ocupantes pudieron abandonarlo total o parcialmente, ya que las ventanas se encontraban rotas y no suponían retención alguna para los pasajeros, siendo en tal caso arrasados por la carrocería del propio vehículo. En este caso, aquellos ocupantes que fueron retenidos por alguno de los elementos rígidos del vehículo (montantes, pared lateral...) evitaron la eyección y con ello las lesiones de mayor gravedad. Las personas situadas en la parte derecha se encontraban más próximas al eje de giro que aquellas que ocupaban la parte izquierda, como consecuencia de lo cual la velocidad angular a la que se vieron sometidas fue sensiblemente menor. A pesar de que durante la primera fase sí pudieron salir expulsados alguno de los 4 ocupantes eyectados del lado derecho, fue principalmente durante la segunda fase del accidente durante la cual se precipitaron a los ocupantes del lado derecho a la vía. En la segunda fase, el autocar ya había volcado y se deslizaba sobre su lado derecho. Debido a que la parte frontal estaba apoyada sobre las barreras de retención laterales, se creó un espacio libre entre la calzada y la pared lateral exterior del lado derecho del autocar. Fue básicamente

durante esta fase de arrastre del autocar cuando los ocupantes del lado derecho fueron cayendo en este espacio, en el que finalmente quedarían atrapados y aplastados, parcial o totalmente por el autocar.

Todos los ocupantes fallecidos murieron por el aplastamiento sufrido al caer bajo el lado derecho del autocar, donde fueron encontrados sus cuerpos. Además del aplastamiento, también hubo fallecidos que sufrieron amputaciones. La barrera de protección lateral quedó situada entre los montantes D y E, tras haberse desplazado desde el montante A, causando alguna de las amputaciones sufridas por las víctimas mortales o heridos del accidente. Gran parte de los ocupantes que no salieron despedidos del autocar sufrieron lesiones en el tórax (básicamente dorsales y costillas rotas) y lesiones internas (de riñón, principalmente), al golpearse contra elementos rígidos del interior como el portaequipajes, los montantes o otras banquetas. Los ocupantes que no tenían banquetas a su derecha, es decir, el conductor y aquellos al lado del pozo de las escaleras del acceso central, sufrieron como lesiones comunes traumatismo craneoencefálico, esguince cervical y lesiones torácicas, lesiones todas ellas de considerable gravedad en comparación con aquellos que disponían de asientos a su lado y golpearon contra éstos, debido al amplio espacio de compartimentación de la zona donde se encontraban.

Cinemática y dinámica del autocar:

El autocar IVECO modelo Euroider circulaba a 100 km/h por el carril derecho de la autovía cuando se salió por el margen derecho. Una vez advertida la situación de peligro por parte del conductor del autocar se realizó una maniobra evasiva con el fin de recobrar la conducción normal sobre la calzada. Esta maniobra evasiva consistió en un giro brusco hacia la izquierda. Este giro, realizado a una velocidad superior a la velocidad crítica para el radio de giro trazado y el coeficiente de fricción de la superficie, provocó el vuelco del autocar sobre su lado derecho. Habiéndose iniciado el vuelco pero antes de impactar el costado derecho contra la calzada, el autocar chocó frontalmente contra las barreras de protección lateral del margen izquierdo de la vía. La variación de velocidad (ΔV) del impacto contra la barrera de protección lateral fue de 30.28 km/h y la EES (Equivalent Energy Speed) del autocar de 16.15 km/h. El autocar volcó describiendo un cuarto de roll-over. Su lado derecho impactó contra la calzada de la autovía y su parte delantera se apoyó sobre la barrera de protección lateral. De esta manera el autocar se deslizó a lo largo de 15 m hasta quedar parado atravesado en la vía ocupando parte de la mediana, todo el arcén izquierdo, todo el carril izquierdo y parte del carril derecho.

Estructura, superestructura y sistemas de retención:

- La superestructura del autocar absorbió la práctica totalidad de la energía del impacto. Durante el vuelco, el autocar colisionó con la barrera de protección lateral. La intrusión de esta colisión se produjo sobre el montante A derecho

aunque sin ser muy significativa. La superestructura del autocar se vio levemente afectada. La deformada final del lateral derecho tan sólo presentaba algunas abolladuras en la chapa del autocar y una intrusión de 10 cm en el marco superior de la ventana entre los montantes C y D. Por consiguiente, el espacio de supervivencia de los pasajeros no sufrió intrusión alguna por parte de la estructura del autocar, así como tampoco ningún elemento rígido del espacio de supervivencia sobresalió de la estructura.

- Los anclajes del lado izquierdo resistieron la aceleración del vuelco, a excepción de la primera fila, que en vez de un anclaje a la pared y una pata al suelo, tenía dos patas como anclajes (una atornillada al suelo y otra a tornillada a la guía del pasillo). Ambos anclajes fallaron incluso no habiendo ocupantes en la banqueta. Las patas se torcieron, inclinándose hacia la derecha. En consecuencia, toda la banqueta se desplazó lateralmente hacia la derecha. Las banquetas del lado derecho resistieron el vuelco sin que fallaran los anclajes. Ninguno de los asientos del autocar disponía de cinturón, ya fuera de dos o tres puntos, por lo que no hubo retención posible en el asiento para los ocupantes durante el accidente.

3.2.5. Caso 2001-05

Tipología del accidente: Salida de la vía de un camión por el margen izquierdo cayéndose desde un puente (altura 13 m), y posterior colisión frontal de un autocar y un turismo sobre su lateral derecho.

Nº de ocupantes: 46

Nº de heridos leves: 37

Nº de heridos graves: 8

Nº de muertos: 1

Reconstrucción del accidente:

El camión trazó la curva a una velocidad de 70 km/h superior a la velocidad crítica definida para ese radio de curvatura y ese coeficiente de rozamiento, derrapando lateralmente y cayendo por el puente después de deformar las biondas de retención de vehículos instaladas en el margen izquierdo de la vía y de arrancar las vallas del extremo del puente. Dio media vuelta golpeando el suelo con el extremo derecho de su superestructura. El autocar circulaba por el carril derecho de la autovía cuando al percibir el camión caído levemente hacia la izquierda cambiándose de carril. Al impactar contra la estructura del camión, los dos vehículos se desplazaron solapados describiendo el autocar un pequeño giro hacia la derecha. El turismo circulaba por el carril de la derecha cuando inició la maniobra de adelantamiento sobre el autocar. Al percibir la presencia del camión fue desplazándose hacia la izquierda frenando bruscamente sin lograr evitar el impacto contra el camión.

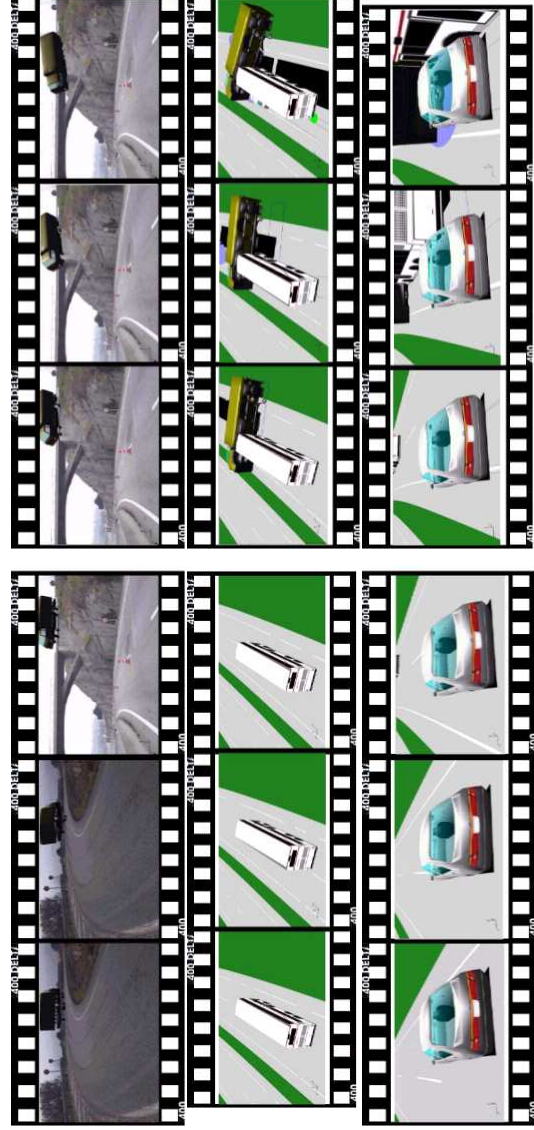


Figura 5 Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2001-05)

Cinemática y dinámica de los ocupantes. Análisis de las lesiones:

Definido el impacto como 100% frontal y de PDF (Principal Direction of Force) 12, los ocupantes del vehículo se desplazaron hacia delante movidos por su propia inercia. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Parte central y posterior del vehículo:

Se trata de la zona del autocar donde el espacio de compartimentación es menor ya que los asientos de las filas anteriores se encuentran justo delante. La inercia del accidente hizo que los ocupantes se desplazasen hacia delante golpeando los respaldos de los asientos anteriores que se encontraban acolchados bajo norma. Al disponer de menor distancia, el impacto sufrido fue menor y la gran mayoría de los ocupantes de esta zona sufrieron lesiones de carácter leve. Las fracturas dentales, las fracturas nasales, las heridas contuso faciales, etc. sufridas por los ocupantes de esta zona son debidas a los golpes de la cara contra la parte superior de los respaldos anteriores. Mientras que las fracturas localizadas en las extremidades inferiores se deben a golpes con la estructura rígida inferior de los asientos.

Asiento central de la última fila:

En esta posición, salvo el cinturón de seguridad, no existen elementos de retención para el ocupante. El ocupante de esta posición no lo utilizó. Al no disponer de elementos de retención y movido por su propia inercia, el pasajero salió proyectado hacia el pasillo golpeando con diferentes objetos rígidos del interior del vehículo sufriendo contusiones por todo el cuerpo.

Fila de asientos anexa al espacio de las escaleras:

Los ocupantes de esta fila de asientos se golpearon, en un primer momento, contra la mampara de separación situada en el extremo de las escaleras. La mampara se encontraba rota pero no desprendida. Los ocupantes de esta fila de asientos salieron proyectados hacia delante siendo insuficiente la retención ofrecida por la mampara. Al no ofrecer resistencia al movimiento de los pasajeros, éstos impactaron contra la parte inferior de la fila de asientos inmediatamente anterior (sufriendo traumatismos craneoencefálicos graves) cayendo por el hueco de las escaleras (sufriendo policontusiones varias).

Primera fila parte derecha y primera fila parte izquierda:

La inercia del accidente hizo que los ocupantes se desplazasen hacia delante. Los dos mamparas de retención se colapsaron y se rompieron al ser golpeadas por los ocupantes de estas filas. La estructura frontal del autocar se deformó como consecuencia del impacto contra el camión. Los ocupantes de estas posiciones se golpearon contra la estructura de la mampara en un principio con sus extremidades inferiores, sufriendo diferentes contusiones y fracturas, y posteriormente con la parte superior del torso, padeciendo traumatismos faciales, craneales y traquéales. La instalación y uso de los cinturones de seguridad hubiese mejorado la retención de los ocupantes de estas posiciones, evitando los impactos tan severos contra los elementos del interior del vehículo.

Zona conductor:

Como consecuencia del impacto entre el autocar y el camión volcado, el habitáculo del conductor quedó drásticamente reducido. La inercia del accidente hizo que el conductor se desplazase hacia delante impactando contra el montante, cuadro de mandos e incluso contra la estructura del camión. Las lesiones sufridas por el conductor resultaron mortales. Presentaba golpes en las extremidades inferiores debidos al contacto con la columna de dirección y cuadro de mandos, golpes en la zona abdominal al impactar contra el volante, así como golpes en la cabeza y torso superior producidos contra la estructura del propio autocar o del camión impactado. La no utilización de los sistemas de retención tales como el cinturón de seguridad, aumenta la severidad de los impactos.

Zona guía:

Como consecuencia del impacto entre el autocar y el camión volcado, el habitáculo del guía quedó drásticamente reducido. La inercia del accidente hizo que el guía se desplazase hacia delante impactando contra diferentes elementos del interior del vehículo. El asiento se desprendió condicionando la cinemática y dinámica seguida por el ocupante y dificultando su explicación. La no existencia de sistemas de retención hizo que la cabeza impactase contra el tablero, la estructura del autocar y la estructura del camión padeciendo un traumatismo craneoencefálico moderado-grave, diversas fracturas faciales y un traumatismo ocular. También presentaba fracturas

costales y fracturas en las extremidades ocasionadas como consecuencia de los múltiples impactos contra los elementos rígidos del interior.

Cinemática y dinámica del autocar:

El autocar VOLVO B7R llevaba una velocidad de 90 km/h en el momento del impacto. Éste tuvo una PDF=12 y tras el impacto, la velocidad del autocar pasó a ser de 37 km/h. La ΔV calculada del autocar fue de 53 km/h y la EES (Equivalent Energy Speed) fue de 46 km/h. Con la finalidad de determinar el pulso de deceleración sufrido por el autocar, se realizaron las siguientes hipótesis:

- Se define una primera fase del choque como 100% frontal con un ángulo de 90° entre los ejes longitudinales del autocar y el semirremolque.
- La duración del choque se limita al intervalo durante el cual se deforman el frontal del autocar y el bastidor del semirremolque. La deformación frontal del autocar se considera uniforme a lo ancho del frontal (perpendicular al eje longitudinal) y de una profundidad de 0.8 m. La deformación del camión también se considera uniforme, aunque paralela al eje longitudinal y de una profundidad de 0.5 m.
- La variación de velocidad, ΔV , es de 53 km/h. En consecuencia, al mantenerse el ángulo de 90° antes y después del impacto, el autocar reduce su velocidad de 90 a 37 km/h.
- Se estima que el pulso cuadrado de deceleración al cual fue sometida la estructura frontal del autocar durante la primera fase del choque que hemos definido fue de 20.3g durante 74 ms.

Estructura, superestructura y sistemas de retención:

- Debido a las características del impacto, la práctica totalidad de la energía absorbida por el autocar se produjo en su parte frontal. La intrusión fue uniforme en todo la parte delantera, midiendo un aplastamiento de 80 cm. La deformada final del frontal del autocar permite concluir que el habitáculo de la posición “GUÍA” y el del “CONDUCTOR” quedaron drásticamente reducidos viéndose el espacio de supervivencia intrusionado por la estructura del camión. La superestructura del autocar no se vio afectada por el impacto, ya que la práctica totalidad de la energía fue absorbida por la parte frontal (montantes A, montantes B y largueros). No se observa deformación alguna a partir de los montantes C.
- La gran mayoría de asientos fueron cargados por los ocupantes de las filas posteriores correspondientes. Los anclajes de sujeción a la pared y los anclajes de sujeción al pasillo de cada pareja de asientos resistieron los efectos de la colisión, a excepción de algunas filas como los asientos del CONDUCTOR, del GUÍA, así como los de la primera fila de la parte de la derecha que se encontraron desprendidos, también fallaron algunos anclajes y guías de otros asientos. El comportamiento no fue uniforme.

- Los asientos de las posiciones “GUÍA” y posición central de la última fila disponían de cinturones de seguridad (tres puntos). Ninguno de ellos fue utilizado por lo que no fue posible evaluar su comportamiento

3.2.6. Caso 2001-06

Tipología del accidente: Colisión frontal excéntrica entre un turismo y un autocar volcando este último sobre su lateral derecho.

Nº de ocupantes: 56

Nº de heridos leves: 16

Nº de heridos graves: 0

Nº de muertos: 0

Reconstrucción del accidente:

El autocar PEGASO modelo 5036 S1 circulaba por un tramo ascendente a una velocidad de 67 km/h cuando advirtió la presencia del turismo SKODA modelo FELICIA circulando por el mismo carril en contra dirección en una maniobra de adelantamiento siendo el tráfico muy denso. Mientras que el turismo aceleró con el fin de llevar a cabo la maniobra de adelantamiento (llegando a una velocidad de 64 km/h), el autocar redujo su marcha y giró hacia la derecha. Fue entonces cuando se produjo la colisión. El turismo salió despedido hacia atrás y hacia la cuneta, dando una vuelta entera hasta quedar parado. El autocar siguió frenando y girando hacia la derecha cayendo en la cuneta anexa a su carril de circulación dando $\frac{1}{4}$ de vuelta restando en esta posición.

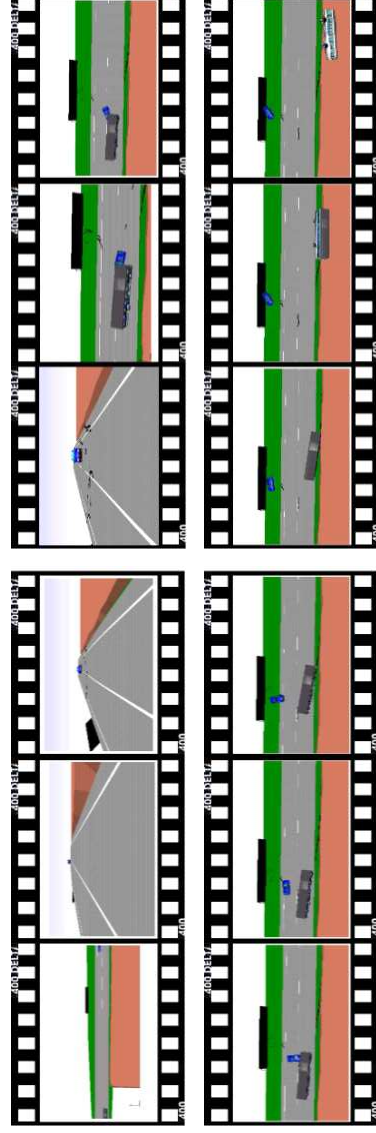


Figura 6: *Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2001-06)*

Cinemática y dinámica de ocupantes. Análisis de las lesiones:

Definido el impacto como 30% frontal y de PDF (Principal Direction of Force) 12, los ocupantes del vehículo se desplazaron hacia delante movidos por su propia inercia. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Parte izquierda:

En una primera fase del accidente, el autocar describió un giro brusco hacia la derecha mientras las ruedas del lado derecho se hundían en la cuneta. La inercia de estos ocupantes les desplazó hacia la izquierda y hacia arriba del interior del autocar, pero con poca fuerza como revelan las bajas aceleraciones registradas en esta fase del choque. El impacto con el turismo apenas provocó un efecto sobre las aceleraciones del autocar, y por lo tanto tampoco afectó de forma relevante a la dinámica de los ocupantes. El pico de aceleración más significativo tuvo lugar cuando las ruedas traseras cayeron a la cuneta (provocando un pico de 6.5 g en sentido lateral al autocar) y la parte delantera se frenó (provocando un pico de 4 g en sentido longitudinal al vehículo). En este instante fue cuando actuaron las mayores inercias sobre el vehículo y, en consecuencia, sobre los ocupantes. Estas fuerzas provocaron que los ocupantes de esta área salieran proyectados en diagonal hacia delante y hacia el lado derecho, provocando que algunos ocupantes golpearan algunos objetos situados a su derecha, en especial los ocupantes de las filas traseras, ya que sobre éstos actuó más intensamente la aceleración lateral que sobre los ocupantes de las filas delanteras. Como consecuencia de este movimiento de los ocupantes, se encontraron abundantes restos de sangre en asientos, lunas laterales derechas (más atrás que delante), etc... Este movimiento explica las contusiones en la cabeza y en las cervicales de la mayoría de los ocupantes de este lado y explica también que la mayor parte de los heridos estuvieran en la parte trasera. La secuencia final del vuelco, que se realizó a una velocidad angular relativamente baja, solamente hizo que los ocupantes se amontonaran en el lado derecho, sin que tan siquiera se rompieran las lunas laterales.

Parte derecha:

Estos ocupantes se desplazaron levemente a la izquierda, como los del lado izquierdo, al girar el autocar a la derecha para evitar el impacto. Tras el impacto, tampoco sufrieron aceleraciones destacables. Al entrar con las ruedas delanteras en la cuneta estos ocupantes golpearon los asientos de delante y las ventanas, y en el instante de los picos de máxima aceleración antes definidos (cuando el eje trasero cae en la cuneta) los ocupantes del lado de la ventana golpearon éstas, causándose principalmente los traumatismos en la cabeza. A la vez, los ocupantes del lado ventana hicieron de amortiguadores para sus compañeros de banqueta del lado pasillo, lo cual explica que estos últimos apenas sufrieran lesiones. La secuencia final del vuelco, que se realizó a una velocidad angular relativamente baja, solamente hizo que los ocupantes se amontonaran en el lado derecho, sin que tan siquiera se rompieran las lunas laterales.

Conductor y guía:

El conductor y el guía sufrieron un movimiento hacia delante debido a la aceleración longitudinal negativa sufrida. El conductor se golpeó con el volante (levemente ya que este último no se deformó) y con la luna delantera mientras que el guía se golpeó con la luna delantera.

Cinemática y dinámica del autocar:

El autocar PEGASO 5036 S1 llevaba una velocidad de 60 km/h en el momento del impacto. Éste tuvo una PDF=12 y tras el impacto, la velocidad del autocar pasó a ser de 54.5 km/h. La ΔV calculada del autocar fue de 5.7 km/h y la EES (Equivalent Energy Speed) fue de 13.3 km/h. Se estudió la curva de aceleración del centro de gravedad del vehículo. La aceleración según el eje longitudinal (ax) en $t=0$ (1.7 g en 90 ms de deceleración medida en el punto de impacto) revela que el impacto prácticamente no afectó al autocar. La aceleración más significativa en sentido lateral tuvo lugar cuando el eje trasero golpeó el fondo de la cuneta (6.5 g en 30 ms medida en el centro de masas del vehículo). La aceleración lateral en el momento del vuelco sobre el lado derecho es baja debido al hecho de que el autocar ya se encontraba inclinado y apoyado sobre la cuneta previamente. Es por ello que el vuelco completo sobre su lado derecho se produjo lentamente y la aceleración no superó valores de 1.5 g, medidos en el centro de masas del vehículo.

Estructura, superestructura y sistemas de retención:

- En el impacto frontal con el turismo se produjo una sobreposición del autocar sobre el turismo. La estructura delantera del autocar quedó deformada a una altura por debajo del habitáculo del conductor, llegándose a una intrusión máxima de 180 cm. En el vuelco, la superestructura del autocar absorbió la práctica totalidad de la energía del impacto, sin que se produjera deformación alguna en los arquillos de seguridad. Por lo tanto, el espacio de supervivencia de los ocupantes no sufrió intrusión alguna por parte de la estructura del autocar, así como tampoco ningún elemento rígido del espacio de supervivencia sobresalió de la estructura. La deformada final del lateral derecho tan sólo presentaba algunas abolladuras en la chapa lateral del autocar. El habitáculo interior del vehículo no varió de una forma significativa.
- Todas las filas de asientos se encontraban en su lugar sin alteración alguna tras el impacto frontal y el posterior vuelco del autocar (aceleraciones bajas y eficiencia de los anclajes). El asiento del conductor quedó justo por encima de la estructura afectada por el impacto contra el turismo sin que la deceleración producida afectara a sus anclajes. El asiento correspondiente al guía resistió también los impactos.
- Ningún asiento disponía de cinturón de seguridad instalado. No fue posible evaluar su comportamiento.

3.2.7. Caso 2001-07

Tipología del accidente: Salida de la vía por el margen derecho, caída por un puente de altura 11.3 metros, y posterior vuelco sobre su techo, por parte del autocar.

Nº de ocupantes: 12

Nº de heridos leves: 2

Nº de heridos graves: 5

Nº de muertos: 5

Reconstrucción del accidente:

El autocar MERCEDES BENZ O 404 circulaba a una velocidad de 67 km/h cuando se salió de la vía por su margen derecho. Las ruedas del lado derecho rodaron sobre la cuneta mientras que las del lado izquierdo lo hicieron sobre el arcén izquierdo. Las biondas de retención de vehículos instaladas en el margen derecho sirvieron de guía al vehículo que se dirigía hacia el puente. Las ruedas del lado derecho quedaron suspendidas en el aire al llegar a la altura del puente a una velocidad de 58 km/h. La parte izquierda del autocar arrasó 15 metros de vallas de protección lateral instaladas en el extremo del puente antes de caer desde una altura de 12 metros. Al caer sobre el suelo próximo al cauce del río con su techo, el autocar sufrió un aplastamiento de los montantes hasta la base de las lunas laterales. El autocar quedó parado apoyado sobre su techo.

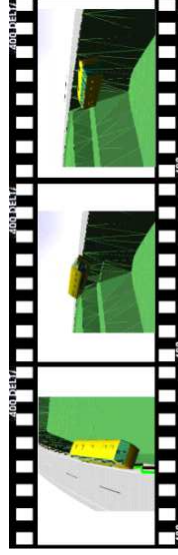
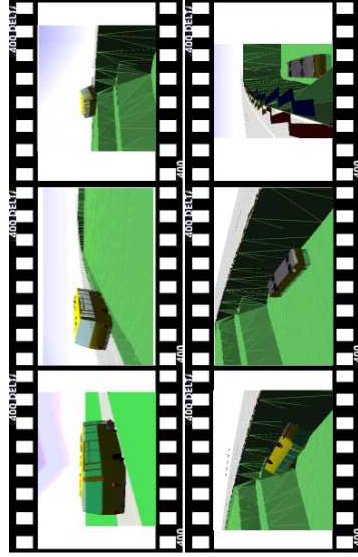


Figura 7: Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2001-07)

Cinemática y dinámica de los ocupantes. Análisis de las lesiones:

Al caer por el puente, el vehículo volcó dando media vuelta e impactando contra el suelo con su superestructura. Los pasajeros del autocar movidos por su inercia impactaron contra diferentes elementos del interior del autocar. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Parte izquierda:

El autocar describió un vuelco hacia la derecha que hizo que los ocupantes se golpearan contra la estructura lateral del vehículo permaneciendo en sus compartimentos. Al hundirse la estructura superior del autocar, los ocupantes sufrieron aplastamientos parciales o totales quedando atrapados entre el techo del vehículo y la fila de butacas que ocupaban. En el informe médico de ingreso se detalla una breve descripción de las lesiones sufridas por los ocupantes pudiendo establecer cierta relación entre éstas y el origen de las mismas. Así pues, el traumatismo torácico severo con contusión pulmonar, las fracturas costales múltiples, la fractura de la clavícula y el derrame pleural bilateral padecido por uno de los ocupantes presume que el aplastamiento y atrape de éste se produjo sobre la región torácica. Mientras que, los traumatismos faciales, las fracturas, traumatismos y contusiones en las extremidades superiores sufridos por los otros ocupantes evidencian que el atrape y aplastamiento se produjo sobre los brazos. La causa principal de la muerte de los ocupantes de esta parte fue el aplastamiento y atrape entre la estructura superior del vehículo y las filas de asientos.

Parte derecha:

El autocar describió un vuelco hacia la derecha que hizo que los ocupantes abandonaran sus compartimentos dirigiéndose hacia el espacio del pasillo central. Uno de los cuatro ocupantes salió despedido del interior del vehículo. Los tres ocupantes que se mantuvieron en el interior del vehículo padecieron fracturas, erosiones y contusiones en las extremidades, así como en la región torácica a causa de los impactos contra los elementos rígidos presentes en el vehículo (respaldo de los asientos, brazos de los asientos, monitores, etc.) y contra el techo del vehículo. La proyección fuera del compartimento evitó el aplastamiento de estos ocupantes. El pasajero que sufrió eyección del interior del vehículo mostraba heridas inciso contusas y erosiones en extremidades, cabeza y región torácica, causadas por los impactos y rozamientos con los diferentes elementos del exterior del autocar.

Parte delantera:

Es en esta parte donde se ha tenido en cuenta el impacto del autocar contra las vallas instaladas en el puente y que ocasionaron la rotura del cuadro de mandos y de la luna delantera así como la intrusión del espacio de supervivencia del conductor por parte de la estructura de la valla. El conductor del vehículo resultó muerto. La invasión por parte de la estructura de la valla del espacio de supervivencia del conductor pudo ocasionar heridas inciso contusas en el conductor. Los impactos contra la columna de dirección, cuadro de mandos, volante, ... pudieron derivar en fracturas y contusiones en las extremidades superiores e inferiores así como en la región torácica. La rotura de la luna delantera así como de las ventanas laterales pudieron ocasionar cortes. Y el derrumbamiento de la estructura superior del autocar pudo ser origen del aplastamiento parcial o total del conductor.

Cinemática y dinámica del autocar:

El autocar MERCEDES BENZ O404 llevaba una velocidad de 58 km/h cuando cayó por el puente y volcó. El autocar impactó contra el suelo sufriendo el aplastamiento del techo. Con la finalidad de determinar el pulso de deceleración sufrido por el autocar, se realizaron las siguientes hipótesis:

- De los tres impactos sufridos durante la secuencia del accidente, únicamente la colisión de la superestructura contra el suelo fue considerada como pulso de aceleración significativo.
- Los dos primeros impactos únicamente se consideraron a la hora de analizar la intrusión e invasión por parte de elementos exteriores del espacio de supervivencia del vehículo.
- La deformación de la superestructura del autocar se considera uniforme a lo largo de la longitud del vehículo y de una profundidad de 100 cm.
- La variación de velocidad, ΔV , es de 37 km/h, reduciendo su velocidad vertical de 43 km/h a 6 km/h.
- Con estas hipótesis de partida podemos estimar que el pulso cuadrado de deceleración al cual fue sometida la superestructura del autocar durante el tercer impacto de la secuencia del accidente fue de 8 g durante 140 ms.

Estructura, superestructura y sistemas de retención:

- Durante la secuencia del accidente se describieron 3 impactos. El primer impacto se corresponde a la colisión del autocar contra las barreras de retención instaladas en el margen derecho. Debido a las características de este impacto, la práctica totalidad de la energía absorbida por el autocar se produjo en el chasis inferior. La intrusión máxima en la parte frontal del autocar fue de 15 cm, de unos 20 cm de anchura y a la altura del chasis. La deformada final del frontal del autocar no afectó al espacio de supervivencia de la parte delantera. El segundo impacto corresponde a la colisión del autocar contra las vallas instaladas en el puente. Debido a las características de este impacto, la mayor parte de la energía absorbida por el vehículo se produjo en la parte frontal. La intrusión máxima en la parte frontal del autocar fue de 15 cm en la parte izquierda del frontal del vehículo a la altura del cuadro de mandos. Algunas barras de la estructura de la valla rompieron la luna delantera invadiendo el espacio de supervivencia del vehículo. El tercer impacto se corresponde a la colisión del techo del autocar contra el suelo próximo al cauce del río al caer por el puente. Debido a las características del impacto, la práctica totalidad de la energía absorbida por el autocar se produjo en la superestructura del vehículo. Ninguno de los arquillos de seguridad resistió la severidad del impacto y los montantes se doblaron abatiéndose hacia atrás. La deformación de la estructura fue de unos 100 cm quedando apoyado el techo del mismo sobre los cabezales de las butacas. La superestructura del autocar no mantuvo invariable el espacio de supervivencia de los pasajeros.

- Al describir el autocar un vuelco de 180°, los ocupantes sufrieron movimientos diferentes en el interior del autocar golpeando y cargando los asientos. A pesar de ello, excepto aquellos arrancados durante las labores de rescate para facilitar la evacuación de los ocupantes, todos los sistemas de anclaje de las diferentes filas de asientos resistieron el impacto. Al no aguantar los arquillos de seguridad el impacto contra el suelo, el techo golpeó las cabeceras de los asientos abatiéndose el respaldo hacia atrás.
- Los asientos de las posiciones “GUÍA” y “CONDUCTOR” disponían de cinturones de seguridad (tres puntos y dos puntos respectivamente). Ninguno de ellos fue utilizado por lo que no fue posible evaluar su comportamiento durante el accidente.

3.2.8. Caso 2001-08

Tipología del accidente: Alcance posterior de un autocar a un camión caja.

Nº de ocupantes: 40

Nº de heridos leves: 29

Nº de heridos graves: 3

Nº de muertos: 1

Reconstrucción del accidente:

El autocar MERCEDES BENZ O 404 circulaba a una velocidad de 105 km/h cuando alcanzó por detrás al camión PEGASO 1436/G que circulaba a una velocidad de 41 km/h por el mismo carril en el mismo sentido. Ambos vehículos se desplazaron solapados después de la colisión hasta que el autocar quedó parado atravesado en la vía y el camión apartado en el arcén derecho.

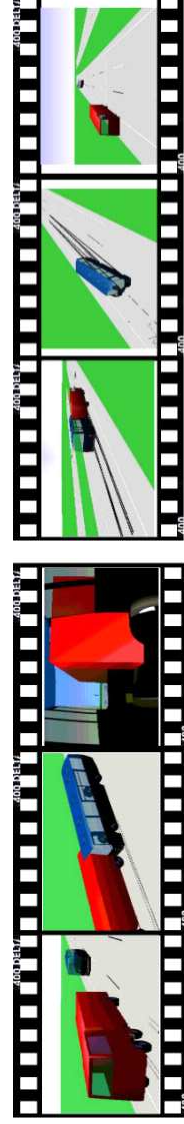


Figura 8: Cinemática y dinámica de los vehículos (Caso 2001-08)

Cinemática y dinámica de los ocupantes:

Al alcanzar posteriormente el autocar al camión, el autocar sufrió una deceleración con una importante componente longitudinal y una componente lateral de menor magnitud. Los ocupantes del autocar movidos por su inercia se desplazaron hacia delante impactando contra los respaldos de los asientos delanteros, mamparas de separación o saliendo proyectados fuera de su compartimento en caso de no disponer de ningún sistema de retención. La componente lateral de la aceleración sufrida hizo que al girar el autocar los ocupantes se desplazasen ligeramente hacia la

derecha. Para llevar a cabo la relación de las heridas sufridas con la dinámica y cinemática de los ocupantes, el estudio se dividió en diferentes áreas.

Parte izquierda central y posterior:

Se trata de la zona del autocar donde el espacio de compartimentación es menor ya que los asientos de las filas anteriores se encuentran justo delante. La inercia del accidente hizo que los ocupantes se desplazasen hacia delante golpeando los respaldos de los asientos anteriores que se encontraban acolchados bajo norma. Al disponer de menor distancia, el impacto sufrido fue menor y la gran mayoría de los ocupantes de esta zona sufrieron lesiones de carácter leve. Las fracturas nasales, las heridas contuso faciales, etc. sufridas por los ocupantes de esta zona son debidas a los golpes de la cara contra la parte superior de los respaldos anteriores. Mientras que las contusiones localizadas en las extremidades inferiores se deben a golpes con la estructura rígida inferior de los asientos. Después de impactar contra los asientos y al girar el autocar hacia la izquierda, es posible que alguno de los ocupantes cayese al pasillo impactando contra otros elementos rígidos y produciéndose lesiones de distinta índole: fractura de la clavícula, fracturas costales, dislocaciones, erosiones, contusiones, etc...

Parte derecha posterior:

Se trata de la zona del autocar donde el espacio de compartimentación es menor (igual que la parte izquierda central y posterior analizada anteriormente) ya que los asientos de las filas anteriores se encuentran justo delante. La inercia del accidente hizo que los ocupantes se desplazasen hacia delante golpeando los respaldos de los asientos anteriores que se encontraban acolchados bajo norma. Al disponer de menor distancia, el impacto sufrido fue menor y la gran mayoría de los ocupantes de esta zona sufrieron lesiones de carácter leve (heridas faciales al impactar la cara con los respaldos de los asientos y contusiones en las extremidades inferiores al golpearse con la parte inferior de los asientos). Después de impactar contra los asientos y al girar el autocar hacia la izquierda, los ocupantes se desplazaron levemente hacia la derecha golpeando contra las ventanas laterales y permaneciendo así en sus compartimentos.

Parte izquierda delantera (conductor y primera fila):

El asiento del conductor disponía de un cinturón de tres puntos instalado sobre el asiento. Los asientos de la primera fila de la parte izquierda disponían de cinturones de dos puntos instalados. Ninguno de estos sistemas de retención fue utilizado. El impacto entre el autocar y el camión (60% offset por la derecha), deformó significativamente el habitáculo del conductor, siendo intrusionado su espacio de supervivencia. La inercia del accidente hizo que el conductor se desplazase hacia delante y hacia la derecha sufriendo únicamente erosiones en un brazo (el derecho) al golpearse contra el volante (el cual se encontraba doblado y había restos de sangre) y el cuadro de mandos. Los ocupantes de la primera fila de la izquierda (situados justo detrás del conductor), movidos por su inercia, se golpearon contra la

mampara de retención. La estructura de ésta aguantó doblándose las patas y rompiéndose únicamente el vidrio. Los ocupantes de esta fila sufrieron lesiones de diversa consideración en extremidades y cabeza.

Fila de asientos anexa al espacio de la escalera central:

Los asientos de esta fila disponían de cinturones de seguridad de dos puntos. Ninguno de estos sistemas de retención fue utilizado. Los ocupantes de estas posiciones, movidos por su inercia, se golpearon contra la mampara de separación junto a la puerta de servicio central. La mampara instalada se encontraba rota y con restos de sangre en el lado izquierdo, debido a los impactos sufridos. Es posible que alguno de los ocupantes no fuese retenido y cayese al hueco de las escaleras ya que se encontraron en ellas restos de sangre. El desconocimiento de la identidad de las personas que viajaban en estas posiciones imposibilita el conocimiento de las lesiones padecidas. Es de suponer que sufrieran lesiones en las extremidades y cabeza como consecuencia del impacto contra la mampara así como contra el lavabo ecológico ubicado al otro lado de las escaleras.

Primera fila parte derecha:

Fue en estas posiciones donde se encontraron las lesiones de mayor gravedad (única víctima mortal implicada en el accidente). La inercia del accidente hizo que los ocupantes se desplazasen hacia delante. La mampara de retención se colapsó y se rompió al ser golpeadas por los ocupantes de esta fila. La estructura frontal del autocar se deformó como consecuencia del impacto contra el camión. La intrusión ocasionada por el impacto contra la estructura del camión invadió el espacio de supervivencia de los ocupantes de estas posiciones. Los ocupantes de estas posiciones se golpearon contra la estructura de la mampara, contra la estructura del camión y contra la carga del camión (bloques de hormigón) en un principio con sus extremidades inferiores, sufriendo diferentes contusiones y fracturas, y posteriormente con la parte superior del torso, padeciendo traumatismos faciales, craneales, traquéales y torácicos. La instalación y uso de los cinturones de seguridad hubiese mejorado la retención de los ocupantes de estas posiciones, evitando los impactos tan severos contra los elementos rígidos.

Segunda fila parte derecha:

Como consecuencia del impacto entre el autocar y el camión, la fila de asientos situada justo por delante de estas posiciones se desprendió de sus anclajes. Esto originó que al no disponer de cinturones de seguridad ni respaldos que retuviesen a los ocupantes en su compartimento, los ocupantes saliesen despedidos impactando contra diferentes elementos rígidos del interior del vehículo sufriendo lesiones de gravedad (luxación de cadera, etc.).

Cinemática y dinámica del autocar:

El autocar MERCEDES BENZ O404 llevaba una velocidad de 105 km/h en el momento del impacto. Éste tuvo una $PDF=12$ y tras el impacto, la velocidad del autocar pasó a ser de 70 km/h. La ΔV calculada del autocar fue de 35 km/h y la EES (Equivalent Energy Speed) fue de 48.4 km/h. Con la finalidad de determinar el pulso de deceleración sufrido por el autocar, se realizaron las siguientes hipótesis:

- Se define una primera fase del choque como 60% frontal con un ángulo de 0° entre los ejes longitudinales del autocar y el camión.
- La duración del choque se limita al intervalo durante el cual se deforman el frontal del autocar y la estructura del camión.
- La deformación frontal del autocar se considera uniforme a lo ancho 60 % de la parte frontal (perpendicular al eje longitudinal) y de una profundidad de 1.5 m.
- La deformación del camión se considera nula.
- La variación de velocidad del autocar, ΔV , es de 35 km/h. En consecuencia, al mantenerse el ángulo de 0° antes y después del impacto, el autocar reduce su velocidad de 105 a 70 km/h.
- Con estas hipótesis de partida podemos estimar que el pulso de deceleración al cual fue sometida la estructura frontal del autocar durante la primera fase del choque que hemos definido fue de 16.3 g durante 62 ms.

Estructura, superestructura y sistemas de retención:

- La práctica totalidad de la energía absorbida por el autocar se produjo en su parte frontal. La intrusión no fue uniforme en todo la parte delantera (60% offset), midiendo un aplastamiento de 150 cm en el montante A derecho y encontrando el montante A izquierdo sin deformar. La deformada final del frontal del autocar permite concluir que el habitáculo de la posición del “CONDUCTOR” quedó reducido viéndose el espacio de supervivencia intrusado por la estructura del camión. La superestructura del autocar no se vio afectada por el impacto, ya que la práctica totalidad de la energía fue absorbida por la parte frontal derecha (montante A, montante B, larguero y travesas de unión de los montantes).
- La gran mayoría de asientos fueron cargados por los ocupantes de las filas posteriores correspondientes. Los anclajes de sujeción a la pared y los anclajes de sujeción al pasillo de cada pareja de asientos resistieron los efectos de la colisión, a excepción de algunas filas que sufrieron corrimientos del anclaje rápido del pasillo (<15cm), corrimientos del anclaje situado próximo a la ventana (<5cm), desprendimiento de la guía, e incluso el desprendimiento total de la fila (1ª de la parte derecha). El comportamiento de los asientos no fue uniforme. Esto se debe a que los anclajes de los asientos son diferentes dependiendo de la posición, el montaje de estos asientos influye en la resistencia de los anclajes y las fuerzas ejercidas por los ocupantes dependen de la masa de éstos así como de la postura con la que viajaban.

- Los asientos de las posiciones “CONDUCTOR” y primera fila de la parte derecha, primera fila de la parte izquierda y fila anexa al espacio de la escalera central, disponían de cinturones de seguridad (tres puntos para el conductor y dos puntos para las demás posiciones). Ninguno de ellos fue utilizado por lo que no fue posible evaluar su comportamiento durante el accidente.

3.3. Conclusiones

Conclusiones relativas a las colisiones frontales

Conclusiones relativas al comportamiento de la estructura

- La energía de los impactos frontales fue absorbida enteramente por estructura frontal del autocar. Las intrusiones afectan a los montantes A y B, además de los largueros delanteros en las colisiones frontales contra vehículos pesados.
- En todas las colisiones frontales se produce una reducción significativa del espacio de supervivencia del conductor, detectándose una intrusión en el mismo por parte de la estructura delantera y de la columna de dirección.
- En todas las colisiones frontales la reducción del espacio de supervivencia de la posición de “guía” es crítica, ya que el espacio correspondiente al acceso delantero queda muy severamente reducido.
- Los arcos de seguridad de la superestructura no se ven afectados por los impactos frontales.

Conclusiones relativas al comportamiento de los asientos de los pasajeros, sus anclajes, su capacidad para resistir las aceleraciones producidas durante la colisión, así como de los sistemas de retención presentes

- Para los anclajes de tipo “rápido”, correspondientes al lado del pasillo de las banquetas de asientos, se produce un corrimiento de 10-15 cm cuando el anclaje del lado de la pared no está atornillado con suficiente fuerza. Este corrimiento sobre la guía produce un movimiento de rotación de la banqueta, pivotando alrededor del anclaje del lado pared.
- Los anclajes del lado pared resisten las aceleraciones del impacto frontal. Si bien llegan a la rotura en algunos casos, no se desprenden, con lo que aseguran la posición de la banqueta.
- Los asientos más susceptibles de desprenderse son los de la zona delantera (conductor, guía y primera fila). Por detrás de esta fila no hay rotura. La rotura de los anclajes y desprendimiento de los asientos se produce por un fallo del piso del autocar y no de los anclajes de los asientos.
- No se hace uso del cinturón de seguridad en los casos en que éste se encuentra instalado, por lo que no es posible evaluar su eficiencia. Esto provoca la eyección de los ocupantes de la zona delantera (conductor, guía y primera fila) y la

proyección de los ocupantes de la fila de asientos situada frente a las escaleras del acceso central.

- En consecuencia, las heridas de mayor severidad se producen en estas posiciones de baja compartimentación: conductor, guía, primera fila y fila frente al acceso central.
- Los respaldos cumplen los criterios de absorción de energía del Reglamento 80, aunque se siguen produciendo heridas faciales y en las extremidades.
- Las mamparas de separación existentes entre la primera fila y el conductor o el guía, así como entre el acceso central y la fila situada frente a él, se colapsan a causa de la carga ejercida por los ocupantes de las mencionadas filas y no retienen a los ocupantes en su compartimento.

Conclusiones relativas al comportamiento y utilización de los dispositivos de evacuación del autocar en caso de emergencia, así como su accesibilidad en las condiciones presentes en el accidente

- La puerta de servicio del acceso delantero queda inutilizada tras un impacto frontal (100% frontal o con offset) a causa del aplastamiento de la estructura frontal.
- La evacuación se realiza principalmente por la puerta de emergencia del acceso central, si ésta se encuentra en correcto estado. Las ventanas de emergencia también son empleadas como salida, aunque con menor frecuencia en este tipo de impactos.
- Los marillos de emergencia puntualmente no están presentes, dificultando así la evacuación por las ventanas de emergencia.
- Los pulsadores, tanto interiores como exteriores de las puertas de emergencia, se encuentran en perfecto estado de funcionamiento.
- Se cumplen las especificaciones del Reglamento 36 sobre la accesibilidad de los dispositivos de evacuación.

Conclusiones relativas a los vuelcos

Conclusiones relativas al comportamiento de la estructura

- En los vuelcos laterales con ángulo de roll igual o inferior a 90° la estructura del autocar aguanta, permaneciendo inalterado el espacio de supervivencia (condiciones parecidas a las expuestas en el Reglamento 66). En estos casos, la estructura lateral absorbe la mayor parte de la energía de la colisión.
- En los vuelcos laterales con ángulo de roll superior a 90° la estructura del autocar no resiste, produciéndose intrusiones en el espacio de supervivencia (condiciones de mayor severidad a las descritas en el Reglamento 66). En estos casos, la estructura lateral y la superestructura absorben la mayor parte de la energía de la colisión.

Conclusiones relativas al comportamiento de los asientos de los pasajeros, sus anclajes, su capacidad para resistir las aceleraciones producidas durante la colisión, así como de los sistemas de retención presentes

- Al producirse el vuelco, los ocupantes cargan lateralmente los asientos. Los anclajes resisten la carga a excepción de algunos casos particulares en los que se deforman o rompen, causando el desprendimiento de alguna de las filas de asientos.
- Las bisagras instaladas entre la base y el respaldo del asiento aguantan las cargas producidas durante la colisión, a excepción del accidente en el que la superestructura del vehículo falla y el techo se colapsa, impactando directamente sobre las cabeceras de los asientos y abatiendo los respaldos hacia atrás.
- Ninguno de los cinturones de seguridad instalados es utilizado, por lo que no fue posible evaluar su eficiencia. Los únicos sistemas de retención de que dispone los ocupantes de los autocares son los elementos que definen su espacio de compartimentación (mamparas, asientos, portaequipajes, etc.). Éstos no han sido diseñados para la retención de los ocupantes, siendo en algunos casos causa de lesiones severas.
- La eyección de los ocupantes se produce en todos los casos a través de las ventanas laterales del vehículo.
- El diseño de los asientos permite el desprendimiento de sus bases, quedando la estructura de la banqueta sin acolchamiento, lo cual supone un elemento de riesgo.
- Es práctica habitual de los conductores o propietarios de autocares, el quitar y poner banquetas de asientos según el trayecto a realizar, modificando la distribución interior del vehículo.

Conclusiones relativas al comportamiento y utilización de los dispositivos de evacuación del autocar en caso de emergencia, así como su accesibilidad en las condiciones presentes en el accidente

- No se observa ningún incumplimiento de las prescripciones del Reglamento 36 relativas a la accesibilidad de los dispositivos de evacuación.
- Las lunas delantera y trasera, así como las trampillas de evacuación del techo son los dispositivos utilizados tanto por los ocupantes como por los equipos de emergencia en la evacuación del pasaje del vehículo siniestrado.

Conclusiones relativas a los casos de compatibilidad

Conclusiones relativas al comportamiento de la estructura

- La diferencia de altura del centro de gravedad y la morfología de los frontales de los dos vehículos son la causa de la superposición del autocar sobre el turismo.

- La estructura frontal es la única parte del autocar deformada durante la colisión.
- El espacio de supervivencia de los ocupantes no sufre intrusión alguna y ningún elemento rígido del espacio de supervivencia sobresale de la estructura del autocar.

Conclusiones relativas al comportamiento de los asientos de los pasajeros, sus anclajes, su capacidad para resistir las aceleraciones producidas durante la colisión, así como de los sistemas de retención presentes

- Ninguna de las posiciones dispone de cinturón de seguridad. Los únicos sistemas de retención de que disponen los ocupantes de los autocares son los elementos que definen su espacio de compartimentación (mamparas, asientos, portaequipajes, etc.).
- Los anclajes de los asientos (atornillados a la guía del pasillo y a la pared lateral) resisten las sollicitaciones del impacto.
- Los autocares y los turismos no son vehículos compatibles. Las lesiones sufridas por los ocupantes del turismo son de gravedad extrema, mientras que los ocupantes del autocar presentan heridas leves.
- Los contactos contra los elementos del interior del autocar que actúan como sistemas de retención de los ocupantes (mamparas de separación, banquetas de asientos inmediatamente anteriores, ventanas laterales, etc.) son la principal causa de las lesiones sufridas por los pasajeros.

Conclusiones relativas al comportamiento y utilización de los dispositivos de evacuación del autocar en caso de emergencia, así como su accesibilidad en las condiciones presentes en el accidente

- No se observa incumplimiento alguno del Reglamento 36.
- Las ventanas laterales 1ª y 4ª así como la luna frontal son los dispositivos utilizados tanto por los ocupantes como por los equipos de emergencia en la evacuación del pasaje del vehículo siniestrado.

3.4. Recomendaciones

La garantía de retención de todos los ocupantes en adición a la invariabilidad del espacio de supervivencia hubiese evitado la gran mayoría de las lesiones sufridas por los ocupantes de los vehículos siniestrados. La retención de los ocupantes en caso de intrusiones en el espacio de supervivencia o la eyección de los ocupantes en caso de invariabilidad del espacio de supervivencia, no son efectivas.

Siendo la principal causa de las lesiones leves en los accidentes estudiados la colisión del ocupante contra las estructuras rígidas del interior del vehículo, y la principal causa de las lesiones graves y fatales, la eyección parcial o total fuera del habitáculo, parece claro que cualquier acción encaminada a mejorar la seguridad proporcionada por los autocares debe ir dirigida a evitar en primer lugar la eyección

de los pasajeros, y en segundo lugar a evitar los contactos con las partes rígidas del habitáculo.

La utilización de cinturones de seguridad, principal sistema de retención en turismos, evitaría tanto la proyección de los ocupantes en colisiones donde la deceleración de mayor importancia es la del eje longitudinal del vehículo, como la eyección en los casos de vuelco. La eficiencia del cinturón de seguridad no se limita a los ocupantes adultos, sino que también trabaja de manera efectiva sobre niños de incluso 1 o 2 años de edad (Adult Seat Belts: How Safe Are They For Children?; Michael Henderson et al.). Si bien es cierto que la utilización del cinturón de seguridad puede inducir a lesiones ya sea por el uso indebido del sistema o por la geometría inadecuada del dispositivo, estas son en todo caso lesiones de severidad infinitamente menor a las producidas en caso de no uso.

4. ESTUDIO SOBRE LEGISLACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

4.1. REAL DECRETO 443/2001, de 27 de abril, sobre condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores.

En el año 2001 entró en vigor un nuevo Real Decreto que regula las actividades de transporte escolar en España, y que deroga la norma vigente hasta ahora, que databa de 1983.

Los puntos de dicho Real Decreto que afectan a los Sistemas de Retención son los siguientes:

“Las normas de seguridad aplicables en el transporte colectivo de menores por carretera estaban recogidas en el Real Decreto 2296/1983, de 25 de agosto, sobre tráfico y circulación de vehículos escolares y de menores.

Desde la entrada en vigor de dicho Real Decreto se han producido cambios importantes a nivel legislativo y reglamentario de carácter general tanto en materia de ordenación de los transportes terrestres, como de tráfico, circulación y seguridad vial de los vehículos a motor, y de las normas sobre condiciones técnicas de los vehículos, que afectan de forma directa a la materia que en aquél se regulaba.

Ello hacía precisa, en todo caso, una modificación del referido Real Decreto que adaptase su contenido a las modificaciones operadas en el marco del ordenamiento jurídico general en que se encuadraba.

En tal tesitura, no ha parecido razonable desatender la posibilidad la posibilidad de adaptar las condiciones de seguridad exigidas en el transporte de menores a los cambios que ha experimentado la situación social y económica desde 1983, introduciendo una puesta al día de los elementos de seguridad que deben reunir los vehículos en que aquél se realice.

...

Artículo 4. Características técnicas de los vehículos.

...

2. Los vehículos que se utilicen en la prestación de los servicios incluidos en el artículo 1 cumplirán, además de otras que, en su caso, pudieran venir establecidas con carácter general en la legislación vigente, las siguientes prescripciones técnicas de acuerdo con las especificaciones que pudieran realizarse reglamentariamente:

1^a. El asiento del conductor estará protegido por una pantalla transparente, de acuerdo con los mínimos de protección establecidos en la norma UNE 26-362-2:1984. En caso de no existir suficiente altura, el tamaño de dicha pantalla puede reducirse en consecuencia.

...

4^a. Los asientos enfrentados a pozos de escalera, así como los que no estén protegidos por el respaldo de otro anterior situado a una distancia máxima horizontal de 80 centímetros entre la cara delantera del respaldo de un asiento y la cara posterior del asiento que le precede, deberán contar con un elemento fijo de protección que proporcione a sus ocupantes un nivel suficiente de seguridad y habrán de cumplir las especificaciones técnicas que se establecen en el Reglamento CEPE/ONU que resulte de aplicación (36R03, 52R01, o 107).

Los asientos enfrentados a pasillos, cuando hayan de ser ocupados por menores de dieciséis años, deberán disponer de cinturones de seguridad debidamente homologados así como sus anclajes; dichos asientos sólo podrán ser ocupados por niños de entre cinco y once años cuando se den las circunstancias señaladas en el párrafo siguiente.

En el caso de que los cinturones de seguridad hayan de ser utilizados por niños de entre cinco y once años, deberán ser de tres puntos y se deberá disponer de cojines elevadores de distintas alturas, en función de su edad y estatura, que permitan ajustar el cinturón a sus medidas. Cuando no se cumplieran estas condiciones no podrán ser utilizados por niños de las edades indicadas

...

12^a. Cada menor dispondrá de su propia plaza de asiento, el cual deberá tener las dimensiones mínimas determinadas en el Reglamento CEPE/ONU que resulte de aplicación (36, 52 o 107), de conformidad con las reglas y plazos que en cada momento se encuentren establecidos en las normas dictadas para su aplicación.

...

3. Como excepción a lo dispuesto en el apartado anterior, para los vehículos de categoría M1, únicamente será exigible el requisito a que se refiere 2.6^a del mismo. En este tipo de vehículos deberá cumplirse además las siguientes normas:

1^a. Queda prohibida la utilización de la plaza o plazas contiguas a la del conductor por parte de menores de doce años.

...

- 3ª. Los niños comprendidos entre cinco y once años deberán utilizar cinturones de seguridad de tres puntos y se deberá disponer de cojines elevadores de distintas alturas, en función de su edad y altura, que permitan ajustar el cinturón a sus medidas. Cuando no se cumplieran estas condiciones, los cinturones no podrán ser utilizados por niños de las edades indicadas.
- 4ª. Únicamente se podrá transportar a una persona por plaza.
4. Los autocares que se matriculen a partir del 1 de enero de 2002 únicamente podrán prestar los servicios a los que se refiere el artículo 1 cuando, además de los referidos anteriormente, cumplan los siguientes requisitos:
- ...
- 3º. Los asientos montados en los vehículos de categoría M2 y M3 deberán estar homologados según la Directiva 96/37/CEE relativa a los asientos, sus anclajes y los apoyacabezas de los vehículos a motor.

Además, los respaldos de los asientos, o cualquier otro elemento o mampara situado delante de los viajeros deberán poder superar un ensayo de absorción de energía específico en todas las posibles zonas de impacto de la cabeza del menos. El ensayo se realizará según lo establecido en el anexo III de la Directiva 78/632/CEE sobre acondicionamiento interior de los vehículos a motor, y se exigirá el cumplimiento de los requisitos allí definidos, pero se reducirá a 5,2 kilogramos el peso de la falsa cabeza utilizada para el ensayo, para hacerlo más similar a las características fisiológicas de un menor.

El cumplimiento de lo establecido en el párrafo anterior será objeto de certificación por un laboratorio oficial".

El nuevo Real Decreto ha sido criticado desde algunos colectivos, como el de la Confederación Española de Padres y Madres de Alumnos (CONCAPA) por tratarse de una norma "claramente insuficiente", en la que "no se ha puesto dinero y queda en el mínimo posible".

Desde el punto de vista de este proyecto, el nuevo Real Decreto no supone ningún gran avance, ya que deja el papel de sistema de retención a los mismos elementos que anteriormente, es decir el respaldo anterior, o a mamparas o elementos fijos de protección.

Las únicas plazas que quedan protegidas convenientemente a nuestro parecer, son aquellas enfrentadas a pasillos en las que se hace necesario el uso de un cinturón de

seguridad de tres puntos, adaptados mediante elevadores para niños de entre cinco y once años.

4.2. Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 91/671/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el uso obligatorio de cinturones de seguridad en vehículos de menos de 3,5 toneladas

El próximo adelanto en materia de seguridad infantil por parte de las autoridades de tráfico vendrá de la mano de una Directiva del Parlamento Europeo y de Consejo, aunque en un primer momento no se aplicaría a los autocares. En este momento esta futura Directiva se encuentra en el estado de propuesta y es conocida como “Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 91/671/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el uso obligatorio de cinturones de seguridad en vehículos de menos de 3,5 toneladas”.

Aunque, como el título indica, esta propuesta se limita a vehículos de 3,5 toneladas, no existe ninguna razón para pensar que se deba limitar según la masa del vehículo, y no hacerse obligatoria para vehículos de mayor peso.

Para conocer el punto de vista de las autoridades vamos a transcribir los párrafos de la propuesta concernientes a los cinturones de seguridad.

“El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, ..., considerando lo siguiente:

...

(2) En su Resolución de 13 de marzo de 1984, el Parlamento Europeo consideró que el uso obligatorio de cinturones de seguridad en toda la red viaria, tanto rural como urbana, constituía una medida prioritaria. En su Resolución de 18 de febrero de 1986, el Parlamento Europeo hizo hincapié en la necesidad de imponer el uso obligatorio de cinturones de seguridad para todos los pasajeros, incluidos los niños, excepto en los vehículos de transporte público.

(3) La Directiva 91/671/CEE de Consejo, de 16 de diciembre de 1991, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el uso obligatorio de cinturones de seguridad en vehículos de menos de 3,5 toneladas, establece el uso obligatorio de sistemas de retención para niños en los asientos equipados con cinturones de seguridad. Dicha Directiva no especifica el tipo de sistema de retención para niños que resulta adecuado y autoriza que los niños viajen sin estar sujetos por un sistema adecuado cuando no se disponga de él.

(4) La evolución de la situación exigirá en el futuro un mayor rigor en materia de utilización de tales dispositivos, lo cual entrañará un cumplimiento más estricto del principio de uso obligatorio a que se hace referencia en el segundo párrafo del artículo 2 de la Directiva.

...

(6) Al adherirse al acuerdo, la Comisión suscribió una lista determinada de reglamentos establecidos de conformidad con el Acuerdo, incluido el relativo a la homologación de los dispositivos de retención para niños ocupantes de vehículos de motor (dispositivos de retención para niños).

(7) Las investigaciones han demostrado que el uso de sistemas de retención para niños pueden contribuir notablemente a reducir la gravedad de las lesiones en caso de accidentes. El riesgo de que los niños sufran lesiones graves es siete veces mayor cuando no están sujetos con este tipo de dispositivos.

(8) En número de niños que fallecen en accidentes de automóvil es relativamente pequeño si se compara con el número de niños que circulan a pie o en bicicleta y sufren accidentes mortales. Los conocimientos en materia de protección eficaz de los niños que viajan en automóvil están actualmente tan avanzados que cada vez resulta más difícil aceptar sistemas de retención mal diseñados.

(9) Las Directivas 96/36/CE, 96/37/CE y 96/38/CE de a Comisión establecen que los vehículos nuevos de las categorías M y N (exceptuando los vehículos de las categorías M2 y M3 concebidos para acoger a pasajeros de pie) deben ir equipados con cinturones de seguridad y asientos y puntos de anclaje adecuados. Dado que tales vehículos dispones de cinturones de seguridad, resulta justificado exigir a los pasajeros sentados que los utilicen.

(10) Debería concienciarse a los pasajeros de los vehículos de las categorías M2 y M3 de la necesidad de usar los cinturones de seguridad cuando el vehículo está en marcha.

Han adoptado la presente Directiva:

Artículo 1

La Directiva 91/61/CEE queda modificada de la siguiente manera:

1) El título queda sustituido por el siguiente texto: “relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el uso obligatorio de cinturones de seguridad y sistemas de retención para niños en los vehículos”.

...

“Artículo 1

...

2. A los efectos de la presente Directiva:

Las definiciones de los sistemas de retención, incluidos los cinturones de seguridad y los dispositivos de retención para niños, así como sus componentes, serán las que figuran en el anexo I de la Directiva 77/541/CEE por lo que respeta a los vehículos de las categorías M1 y N1.

...

3. Los sistemas de retención para niños se dividen en cinco “grupos de masa”:

- a) El grupo 0 para niños de masa inferior a 10 kg.
- b) El grupo 0+ para niños de masa inferior a 13 kg
- c) El grupo I para niños de masa comprendida entre 9 kg y 15 kg
- d) El grupo II para niños de masa comprendida entre 15 kg y 22 kg
- e) El grupo III para niños de masa comprendida entre 22 kg y 32 kg

4. Los sistemas de retención para niños pueden ser de dos clases:

- a) Una clase integral, que comprende una combinación de correas o componentes flexibles con una hebilla de cierre, dispositivos de regulación, piezas de fijación y, en algunos casos, una silla suplementaria o una pantalla de impacto, que pueden anclarse por medio de su propia correa o correas integrales.
- b) Una clase no integral, que puede comprender un dispositivo de retención parcial, el cual empleado en combinación con un cinturón de seguridad para adulto que rodee el cuerpo del niño o sujete el dispositivo en el que esté colocado el niño, constituya un dispositivo completo de retención para niños.

Artículo 2

1. Los Estados miembros exigirán que todos los ocupantes de vehículos de las categorías M1 y N1 que circulen en carretera usen los sistemas de retención de que disponga el vehículo. Los niños de 12 años o más podrán llevar un cinturón de seguridad homologado para adultos.

Los niños menores de 12 años estarán sujetos por un sistema de retención para niños, utilizado independientemente del cinturón de seguridad para adultos o en combinación con él, que esté adaptado al peso del niño de

conformidad con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 1. Los niños menores de 12 años cuyo peso sea superior a 36 kg podrán usar cinturones de seguridad para adultos.

...

Los sistemas de retención para niños deberán cumplir las normas del Reglamento 44/03 de la CEPE-ONU, su equivalente o cualquier otra adaptación posterior del mismo.

...

Esta todavía propuesta de Directiva deja clara la postura de las autoridades respecto la necesidad de utilizar estos sistemas de retención, y aunque por el momento sólo se mencionen los vehículos de menos de 3,5 toneladas, no parece que no tengan la intención de continuar por el resto de vehículos, siempre y cuando su obligatoriedad sea factible.

En el caso del transporte escolar, un dispositivo de retención debería ser apto para grupo II y III, al estar destinado a niños a partir de 3 años.

4.3. Reglamento 80/01: Asientos y sus anclajes (M₂ y M₃)

El punto 2.1 del Reglamento 80 define la “Homologación de un asiento” como “la homologación de un tipo de asiento como elemento de protección de los ocupantes de asientos orientados en el asiento de la marcha, en lo que concierne a su resistencia y a la concepción de su respaldo”. Así mismo, el punto 1.1.1 del Apéndice 1 especifica que “Los ensayos tienen por objeto determinar “si el o los ocupantes del o de los asientos están correctamente retenidos por el o los asientos situados delante de ellos y/o por un cinturón de seguridad.”

Esta definición deja claro el enfoque actual de la seguridad de los autocares, que queda en manos de la retención ofrecida por los respaldos de los asientos.

Actualmente los asientos de autocar ya están obligados a cumplir con lo especificado por el Reglamento 80. Por esta razón, no se prevé realizar ninguna modificación para conseguir su cumplimiento, pero sí tendremos que tener en cuenta las limitaciones que nos vendrán impuestas por el Reglamento 80, que impedirá, por ejemplo, el refuerzo del respaldo para mejorar el comportamiento del cinturón.

Se tendrá que considerar una evaluación completa según Reglamento 80 durante la fase de validación del Sistema de Retención Infantil para asegurar su cumplimiento.

4.4. Reglamento 44/03: Dispositivos de retención para niños

El Reglamento 44 se aplica para la homologación de los dispositivos de retención infantiles destinados a ser utilizados en vehículos a motor.

El Reglamento 44 define un “dispositivo de retención para niños”, “como un conjunto de elementos que pueden comprender una combinación de correas o de elementos flexibles con hebilla de cierre, dispositivos de ajuste, fijaciones y, en algunos casos, un dispositivo adicional tal como una cuna portátil, un porta bebés, un asiento adicional y/o un protector de impacto, que puedan sujetarse a los elementos de un vehículo a motor. Este dispositivo está concebido para reducir los riesgos de heridas sufridas por el usuario en caso de colisión o de deceleración violenta del vehículo, limitando los desplazamientos del cuerpo”.

Los dispositivos de retención pueden ser de categoría “universal”, “uso restringido”, “semiuniversal” o “específica de un vehículo” (párrafo 2.1.2).

Los dispositivos pueden ser de clase “integral” o “no integral” (párrafo 2.1.3).

Como veremos más adelante, el sistema que se desarrolla en este proyecto corresponde a un dispositivo de categoría “específica de un vehículo”, “integrado en el vehículo”, de clase “integral”.

Según se especifica en el punto 6.1.2, “la utilización de los dispositivos de retención para niños de la categoría “específico para un vehículo” se permitirá en todas las plazas de asiento...”

El punto 7.1 del Reglamento 44 especifica las disposiciones aplicables al dispositivo de retención en su conjunto, que incluyen ensayos de los siguientes aspectos:

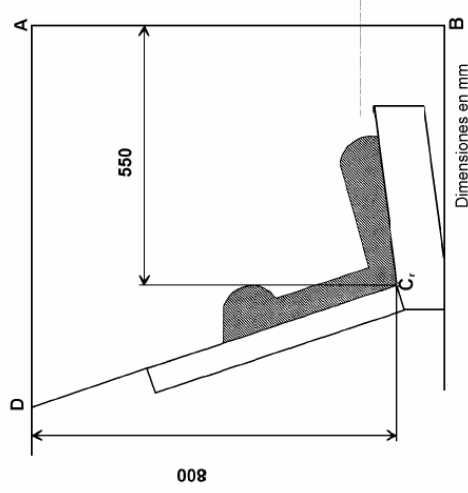
- Resistencia a la corrosión
- Absorción de energía
- Vuelco
- Ensayo dinámico

El punto 7.2 del Reglamento 44 especifica las disposiciones aplicables a los elementos individuales del dispositivo de retención, que incluyen los ensayos siguientes:

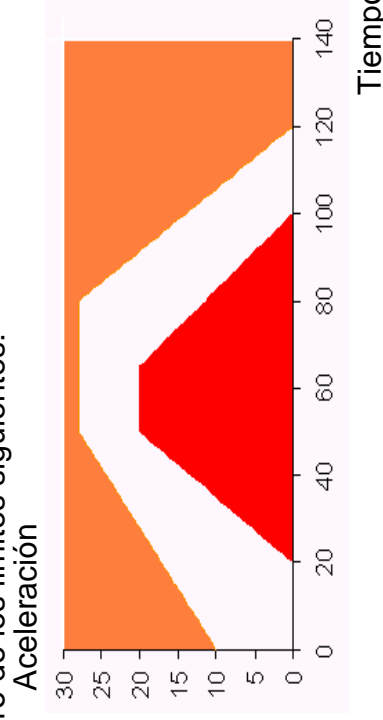
- Hebilla
- Dispositivos de ajuste
- Retractores
- Correas
- Pinza de sujeción

Al tratarse de la evolución de sistemas ya homologados como son el asiento y el cinturón, el principal punto de desarrollo es el cumplimiento de las especificaciones propias al punto 7.1.4 Ensayo Dinámico, que determina los siguientes límites bajo las condiciones de ensayo definidas en el punto 8.1.3:

- La aceleración resultante del tórax no deberá exceder de 55 g, salvo durante intervalos cuya duración acumulada no exceda de 3 ms.
- La componente vertical de la aceleración desde el abdomen hacia la cabeza, no deberá exceder de 30 g salvo durante intervalos cuya duración acumulada no exceda de 3 ms.
- No deberá presentarse ningún signo visible de penetración sobre la arcilla de modelar, situada en la región abdominal, causada por una parte cualquiera del dispositivo de retención.
- La cabeza del maniquí no deberá franquear los planos BA y DA, tal y como se define en la figura a continuación:



El ensayo consiste en la deceleración de un carro horizontal que se desliza a $50^{+0.2}$ km/h, dentro de los límites siguientes:



Se tendrá que considerar una evaluación completa según Reglamento 44 durante la fase de validación del Sistema de Retención Infantil para asegurar su cumplimiento.

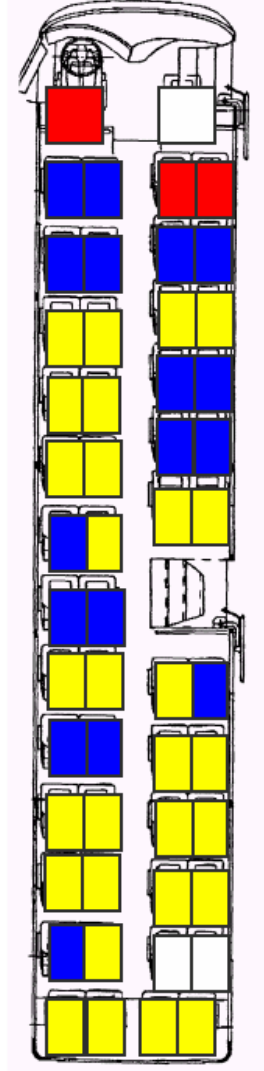
5. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE RETENCIÓN INFANTIL EN ASIENTOS DE AUTOCAR

5.1. La necesidad de un Sistema de Retención

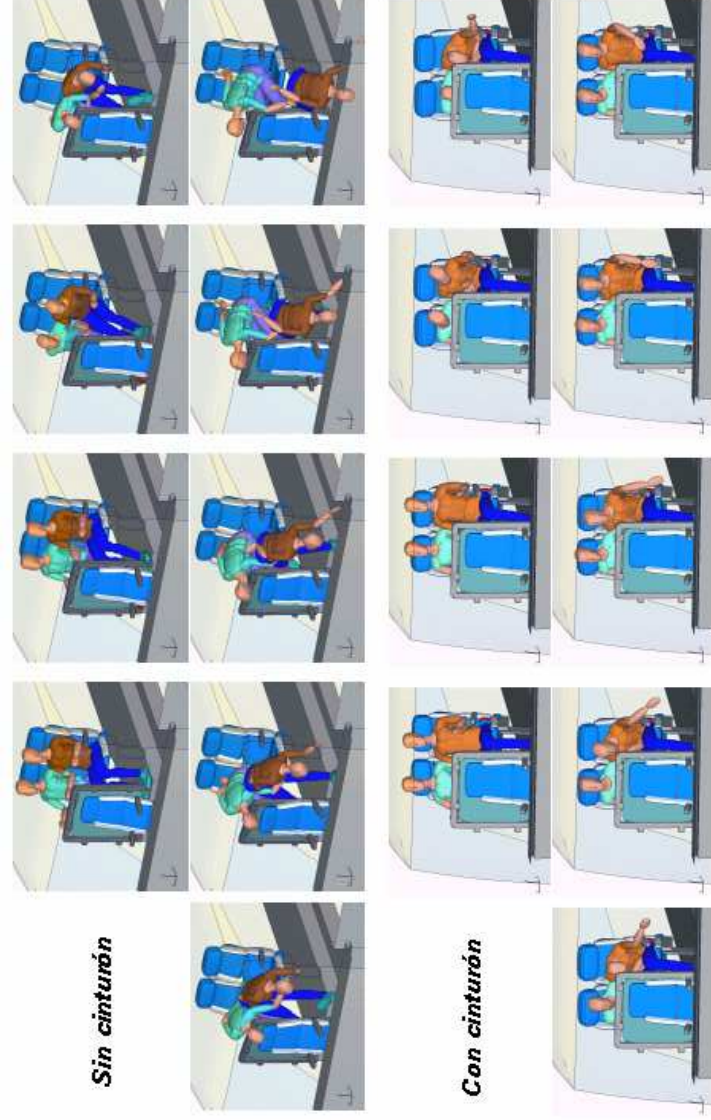
Tras el análisis de los accidentes y de los mecanismos de lesión más comunes al transporte en autocar, una de las conclusiones es que una de las principales causas de muerte es la eyección total o parcial de los ocupantes. Habiéndose concluido que el cinturón de seguridad de tres puntos es una de las medidas más efectivas para evitar la eyección, se ha recomendado su incorporación obligatoria en todas las plazas de asiento de los autocares.

Por ejemplo, en el primer caso (2001-01) presentado, correspondiente al accidente que tuvo lugar en la autopista A-15, a la altura de Olite (Navarra), 3 personas resultaron muertas, 18 sufrieron heridas graves y 27 resultaron con heridas leves. Los tres fallecidos correspondieron al conductor del autocar y los ocupantes de los asientos de la primera fila de la derecha del autocar. El conductor (MAIS 4) murió a causa de un traumatismo craneoencefálico contra la estructura lateral del vehículo, además del impacto del tórax con el volante. De los dos viajeros fallecidos, el de la izquierda fue eyeccionado de su posición hacia el pasillo llegando a impactar con la cabeza el piso del autocar; el pasajero de la derecha murió por las heridas recibidas en el pecho cuando su cuerpo fue despedido por la deceleración del vehículo hacia la estructura entre él y el asiento del guía. La utilización por parte del conductor del cinturón instalado en su asiento, y la presencia y utilización de cinturones en el resto de las plazas podría haber evitado la mayor parte de las lesiones producidas en este accidente, y seguramente los fallecidos.

 Muertos  Graves  Leves  No ocupados



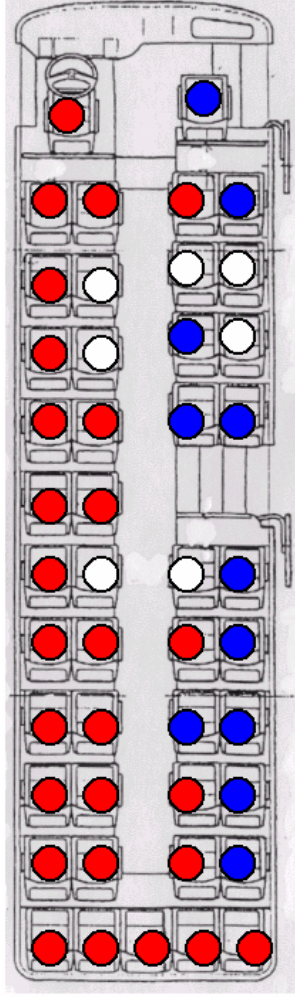
Posiciones ocupadas – severidad de las heridas en el autocar



Animación en MADYMO® de los pasajeros de la 1ª fila del lado derecho.
Comparación con y sin cinturón.

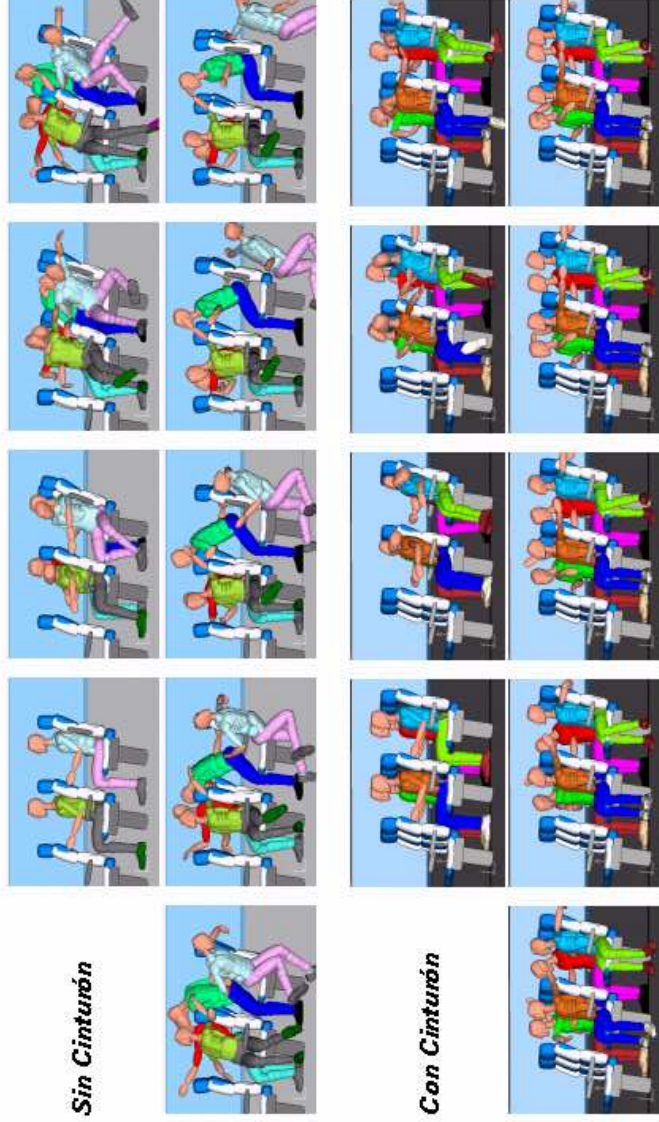
Un caso que aunque no se incluyera en el proyecto de consultoría para de Dirección General de Tráfico es de elevado interés es el que tuvo lugar en la provincia de Soria, el 6 de Julio de 2000, en la nacional N-122, cuando un camión de transporte de ganado invadió el carril contrario, impactando fronto-lateralmente con un autocar escolar, causando la muerte de 28 adolescentes.

En este caso, el cinturón no habría sido capaz de salvar la vida al menos a 12 de los fallecidos, ya que su muerte fue causada por la intrusión del camión en la estructura del autocar. Los que sí podrían haberse beneficiado fueron los ocupantes de las últimas filas y del lado derecho del autocar, que fallecieron a causa de las heridas que se produjeron al ser eyectados por la deceleración del autocar, y por el vuelco posterior a la salida de la carretera.



Posiciones ocupadas – severidad de las heridas en el autocar.

Las siguientes ilustraciones nos muestran la cinemática de los ocupantes del lado derecho del autocar.



Animación en MADYMO® para los ocupantes del lado derecho;
comparación con y sin cinturón

Gracias al análisis del accidente y su simulación se puede comprobar el efecto sobre los pasajeros de un mecanismo de retención, cómo fue en este caso el reposabrazos, aun a costa de producirles serias lesiones abdominales. A continuación se puede observar el efecto del cinturón, que consigue retener a los ocupantes, sin depender en la posición del reposabrazos.

Los datos obtenidos del estudio realizado por el Equipo de Reconstrucción de Accidentes de IDIADA AT coinciden con los resultantes de un estudio similar llevado a cabo en Francia entre 1980 y 1994 con 50 autocares involucrados en accidentes con al menos un herido grave en un accidente con vuelco del autocar.

Los resultados determinaron que la eyección total estuvo implicada en el 86% de las muertes y el 18% de las heridas graves, mientras la proyección había causado el 95% de las heridas leves y el 68% de las heridas graves.

Las conclusiones de este estudio indicaron que al volcar el autocar, el balance médico general es de 20% de muertos y heridos graves y 80% de heridos leves o personas ilesas; entre las causas principales de lesiones, la eyección total o parcial es la que causa la mayor parte de muertos y heridos graves. Los expertos franceses también son favorables a limitar la eyección o proyección de los ocupantes mediante un medio de retención que limite sus movimientos durante el choque. Además, según ellos, las deceleraciones en caso de choque frontal severo son perfectamente soportables por los adultos con un simple cinturón de seguridad abdominal, que sería capaz de evitar la eyección o proyección de los pasajeros.

Así mismo, también hacen hincapié en el estudio del asiento y sus anclajes, teniendo en cuenta el peor caso que sería que un asiento tuviera que soportar la carga de su ocupante a través del cinturón, además de la del pasajero de la plaza posterior que no lo llevara.

5.2. Consideración del transporte escolar

De todas maneras, esta incorporación debe hacerse considerando el caso especial de los menores de doce años, y por tanto del transporte escolar. El cinturón de seguridad es un sistema de retención para ocupantes adultos, y por tanto no está optimizado para la geometría y masa de los menores.

El uso de sistemas de retención infantil, accesorios o integrados, se está generalizando en los turismos. Sin embargo, no existen soluciones técnicas que hagan viables su incorporación en los vehículos destinados al transporte escolar.

Los fabricantes de asientos de autocar con los que trabaja el Laboratorio de Choque de IDIADA AT han mostrado su interés en el desarrollo de un sistema de retención infantil integrado en los asientos de autocar que venga a resolver esta deficiencia.

Gran parte del transporte que se realiza mediante autocares corresponde al servicio discrecional, que en España presta su servicio a niños a partir de 3 años, que corresponde a la edad de escolarización obligatoria.

Este hecho nos plantea la necesidad de diseñar un sistema de retención adecuado a los usuarios, pero debemos asegurar que su utilización es lo más sencilla posible para evitar casos de negligencia. La introducción de Sistemas de Retención Infantiles propios de automóviles, si bien no pondría dificultades técnicas, se convierte en una elección imposible en el momento en que se considera el número de pasajeros por vehículo y la flexibilidad necesaria de este tipo de servicio, ya que debe estar en condición de aceptar tanto un número de adultos igual al número de plazas como de niños de 3 años, por citar 2 casos extremos.

5.3. AMFE – Análisis Modal de Fallos y Errores

Un Análisis Modal de Fallos y Errores para un Sistema de Retención Infantil integrado a asientos de seguridad nos lleva afirmar que los principales modos de fallo no directamente relacionados con el sistema serían:

- No utilización del Sistema de Retención Infantil
- Utilización del Sistema de Retención Infantil en configuración adulto por parte de niños
- Utilización del Sistema de Retención Infantil en configuración infantil por parte de adultos

La necesidad de vigilantes para el transporte escolar no debe inducirnos a imponer la utilización de complementos como cojines elevadores, ya que elevaría considerablemente su carga de trabajo, y haría necesaria una cierta formación de este personal, admitiendo a su vez que estos podrían cometer errores.

Asimismo, la utilización de guías de correa manuales, que no implicarían la utilización de elementos adicionales podría presentar problemas al necesitar del ocupante que este lo regule a sus necesidades. Asimismo, sería todavía recomendable una verificación por parte del vigilante del transporte, expuesta a errores.

A nuestro parecer, un Sistema de Retención Infantil integrado en un asiento de autocar debería ser a su vez compatible con su utilización por parte de adultos sin necesidad de ninguna preparación, y que el papel del vigilante se limite a verificar la utilización del Sistema de Retención por parte de todos los viajeros. Tal función podría además ser complementada por parte de un sistema de reconocimiento de ocupación del asiento que alertará en caso de no utilización del cinturón.

5.4. Estudios anteriores – El caso norteamericano

Desde 1967 se han desarrollado varias investigaciones en los Estados Unidos y Canadá sobre la conveniencia de la utilización de cinturones de seguridad en

autocares escolares, con el objetivo de dar una visión objetiva sobre los beneficios aportados por estos e identificar los problemas tecnológicos asociados.

En estos países, el asunto de la seguridad de los niños durante el viaje desde casa a la escuela se ha considerado siempre como una responsabilidad de los padres, pero también de los responsables de las escuelas, compañías de transporte y agencias gubernamentales.

A diferencia de Europa, en Norteamérica se utilizan vehículos específicamente diseñados para el transporte de escolares, con la obligación de cumplir una serie de normativas federales, además de las normas provinciales y territoriales concernientes a la calificación y preparación de los conductores, normas de circulación específicas para este tipo de transporte así como formación de los niños en cómo utilizar con seguridad los autocares escolares.

Una de las principales diferencias entre Norteamérica y Europa es el concepto de “compartimentación”. Este principio de protección de los ocupantes se basa en la contención de los ocupantes mediante asientos de respaldos altos, con materiales absorbentes, además de limitando las distancias entre asientos, con tal de limitar las eyecciones. (FMVSS 222).

Aún así, continúa existiendo un alto grado de interés en mejorar la seguridad del transporte escolar. En este sentido se han realizado varios estudios para establecer el marco de estudio, determinando cuales son los accidentes más comunes, que heridas se producen y la efectividad potencial de algunas medidas propuestas.

A finales de 1984, Transport Canada realizó un total de 3 ensayos de choque sobre vehículo competo sobre otros tantos autocares de diferentes tamaños, para evaluar los beneficios que podrían ofrecer los cinturones de seguridad a la seguridad de los ocupantes. Los autocares utilizados fueron un Blue Bird de tipo convencional de 66 plazas, un Thomas Minotour de 22 pasajeros y una adaptación de la furgoneta Campwagon de 20 asientos.

Cada uno de los vehículos se ensayó con 6 maniqués instrumentados para medir la deceleración de la cabeza, el pecho y la fuerza axial ejercida sobre los fémures. 3 de ellos tenían instalado un cinturón de seguridad de dos puntos, o pélvico, de ajuste manual, y el resto no tenían ningún sistema de retención. El choque consistió en un impacto del autocar con el 100% del frontal contra un bloque de hormigón a 48 km/h (30 mph), para simular una colisión frontal severa.

Para el análisis de los resultados se utilizó el Head Injury Criterion (HIC o Criterio de Lesiones de la Cabeza) y la deceleración del pecho. El valor de HIC no debe sobrepasar 1000, ya que a partir de este valor, aceptado como límite, las posibilidades de sufrir una lesión grave o mortal son mayores. Para el caso del pecho,

una deceleración de más de 60 g durante más de 3 milisegundos es la frontera utilizada para determinar la severidad de las lesiones torácicas.

En general, los resultados mostraron que los dummies retenidos por el cinturón presentaban unos valores de deceleración de la cabeza y el tórax más severos que los que no estaban retenidos. Además, gracias al análisis de las películas, también se observó que los maniqués con cinturón sufrieron una fuerza extensora del cuello más importante, debido a la manera de la que impactaron con el asiento inmediatamente anterior. Los valores del HIC registrados por los ocupantes de los autocares de 22 y 20 plazas excedieron el valor de 1000, mientras que los ocupantes no retenidos presentaron valores inferiores. En el caso del autocar Blue Bird de 66 plazas, todos los ocupantes presentaron valores inferiores a 1000, aunque los dummies que estaban retenidos por el cinturón presentaron valores de deceleración 3 veces mayores que los que no llevaban cinturón.

La diferencia entre autocares se puede explicar por la diferencia de masa, que a una estructura parecida, producirá una deceleración de la estructura mayor cuanto menor sea el peso.

Por otra parte, la diferencia entre ocupantes se explica porque los maniqués retenidos por el cinturón de seguridad pivotaron entorno del cinturón pélvico, produciendo un impacto más severo de la cabeza contra el respaldo del asiento anterior, sin impactar con otras partes del tórax o de las piernas, con lo que la masa efectiva de la cabeza era mayor cuando estaban retenidos, con lo que la espuma que se encontraba en la parte posterior de los respaldos no fue capaz de evitar el impacto contra la estructura del asiento, como sí lo fue para aquellos dummies que no estaban retenidos.

La conclusión de estos ensayos fue que en caso de incorporar el cinturón de seguridad a autocares, toda la concepción del asiento debería ser analizada, lo que dio inicio al Programa de desarrollo de asientos para autocares escolares.

Este programa, dirigido a investigar posibles métodos para la mejora de la protección de los ocupantes de autocares escolares se inició con el diseño, fabricación y ensayo de 5 conceptos a partir del asiento estándar de un autocar Blue Bird. Como punto de partida para la comparación de resultados se utilizó también un asiento sin modificar con cinturón de 2 puntos. Los 5 conceptos ensayados consistieron en:

1. Combinación de cinturón pélvico con más espuma absorbente en la parte superior del dorso del respaldo.
2. Combinación de cinturón pélvico con un respaldo menos agresivo, consistente en la eliminación de parte de la estructura del respaldo, con tal de proporcionar una mayor deformación en caso de impacto del ocupante por detrás.

3. Asiento orientado hacia atrás con cinturón pélvico, con un respaldo más alto.
4. Asiento con cinturón de tres puntos, lo que implicó una estructura del asiento reforzada.
5. Asiento con sistema de retención multipunto, consistente en un arnés de cinturón pélvico y dos cinturones para los hombros, lo que implicó de nuevo una estructura del asiento reforzada.

Todos los sistemas de cinturón de seguridad, a excepción del cinturón del asiento original y el del arnés, disponían de retractores con bloqueo automático.

Los diferentes conceptos fueron ensayados en una instalación de catapulta inversa, sometidos a deceleraciones de 30 g con una variación de la velocidad de 48 km/h, frontales y oblicuos a 30°. Al igual que en los ensayos de vehículo completo, se utilizaron dummies instrumentados en la cabeza, pecho, fémures. También se registró mediante células de carga la tensión ejercida por los cinturones de seguridad. Los ensayos se filmaron con cámaras de alta velocidad para asistir a su análisis.

Los resultados de los ensayos se resumen de la siguiente manera:

1. Cinturón pélvico con más espuma absorbente: los resultados fueron esencialmente los mismos registrados para el asiento estándar.
2. Cinturón pélvico con un respaldo menos agresivo: El máximo valor registrado por la deceleración de la cabeza fue significativamente menor, obteniéndose así mismo un valor también menor para el pecho. De todas maneras, tras el cálculo del HIC, el valor obtenido fue el mismo que para el asiento no modificado.
3. Asiento orientado hacia atrás con cinturón pélvico: Esta combinación mostró una reducción significativa de todos los valores de lesiones registrados, comparado con el asiento sin modificaciones.
4. Asiento con cinturón de tres puntos y asiento con sistema de retención multipunto: ambos sistemas consiguieron reducir la deceleración de la cabeza y el HIC, pero no la deceleración del pecho.

Tras estos ensayos, las conclusiones que se obtuvieron en el marco del programa de desarrollo de asientos fueron:

- i. El asiento orientado hacia atrás se presenta como una buena alternativa para reducir todos los valores de lesiones a niveles aceptables.
- ii. El sistema de retención del torso de 3 puntos es efectivo para reducir el valor de HIC hasta niveles aceptables, pero no presenta los mismos beneficios en el pecho. De todas maneras, si este fuera el sistema seleccionado, sería imperativo que todos los ocupantes lo utilizaran, ya que, al ser necesario introducir modificaciones en el asiento que sean

- capaces de proporcionar el apoyo necesario al cinturón de seguridad, estas podrían empeorar la protección ofrecida a los ocupantes no retenidos.
- iii. Los sistemas desarrollados basándose en modificaciones del respaldo, combinadas con cinturones pélvicos no fueron efectivos para proteger a los ocupantes.
 - iv. Los sistemas de cinturones multipunto se mostraron en límite respecto al submarining admisible.
 - v. La localización del retractor en la parte inferior del asiento debe ser estudiada para evitar posible daños en las rodillas por impactos posteriores.

El Programa de desarrollo de asientos para autocares escolares continuó con un proyecto de demostración de asientos orientados hacia atrás, mediante la introducción de 3 autocares con esta configuración en diferentes ambientes durante un año escolar, obteniéndose críticas favorables desde todos los protagonistas del transporte escolar, tanto alumnos, padres, conductores, vigilantes, etcétera.

Nuestra opinión es que, si bien la orientación hacia atrás de los asientos es una buena opción para la reducción de lesiones en caso de choque frontal u oblicuo, no lo es tanto para accidentes con vuelco del autocar, ya que la simple utilización de un cinturón pélvico no asegura que se eviten las eyecciones, que para el caso europeo suponen los mayores problemas. Para el ámbito americano, con vehículos especializados para el transporte escolar, es fácil que los usuarios acepten ir orientados en sentido contrario al de la marcha, pero en Europa, con vehículos que tanto efectúan transporte escolar como realizan rutas comerciales, la aceptación por parte de los usuarios no sería tan sencilla. En todo caso, para rutas comerciales se tendría que permitir combinar asientos hacia delante, con asientos hacia atrás, como ya se hace actualmente en los trenes de toda Europa; esta solución sólo protegería a aquellos pasajeros que viajaran hacia atrás, pero no a los que fueran hacia delante.

Estos estudios han recibido críticas en su propio país, como la del artículo de Ned Einstein, titulado “Porqué no se deben instalar cinturones de seguridad en autocares escolares”. La principal conclusión de este artículo es que no se deben instalar cinturones de seguridad principalmente porque no son necesarios, ya que gracias a la compartimentación, los autocares norteamericanos ya ofrecen un alto nivel de seguridad. Remarca que los cinturones podrían producir más muertes que salvar debido a que podrían dificultar las tareas de rescate. Además destaca el factor económico de una medida de este tipo, y cree que sería más provechoso dedicar estos recursos a la formación de los conductores, de los ocupantes, o a mejorar los sistemas existentes. Otro problema serían las variables existentes entre ocupantes, tipos de accidentes, los diferentes tipos de estructura de los vehículos que debería ser capaz de soportar el peso adicional sobre la estructura que implicaría el retener a los ocupantes mediante cinturones.

La mayoría de estas puntualizaciones no son válidas en los vehículos europeos, partiendo del punto de que la compartimentación no existe. En Europa falta un sistema de retención eficaz en los autocares, y por las necesidades de la sociedad no sería aceptable un concepto como el utilizado en Estados Unidos. Nosotros entendemos que el uso de cinturones de seguridad es un aspecto complicado, y no pretendemos que se incluyan en los vehículos actuales ya que, desde los respaldos a la estructura tubular del vehículo, pasando por los anclajes de los asientos, actualmente no están diseñados para soportar las cargas extras que supondrían los ocupantes en caso de choque. Nuestra idea es que todo el concepto de autocar debe ser rediseñado para la integración de los cinturones, pero también para mejorar la compatibilidad de estos vehículos con el resto de usuarios de las carreteras. Otro aspecto presentado como de difícil tratamiento es el hecho de la variabilidad de sujetos para los que tiene que adecuarse el sistema de retención; precisamente éste es el tema de este proyecto, que intenta que un mismo sistema de retención sea válido para adultos como para niños desde los 3 años.

5.5. Planteamiento del Proyecto de Integración

IDIADA plantea como solución la adecuación de la geometría de los cinturones ya existentes, dentro de las posibilidades ofrecidas por la reglamentación actual. Una vez evaluada las posibilidades ofrecidas por el cinturón será necesario la definición de un pliego de condiciones a ofrecer por un el asiento como el tipo de cojines, su forma, etc.

Con esta finalidad se realizó 2 serie de 2 ensayos dinámicos en condiciones R44 para evaluar la potencialidad del cinturón como Sistema de Retención Infantil.

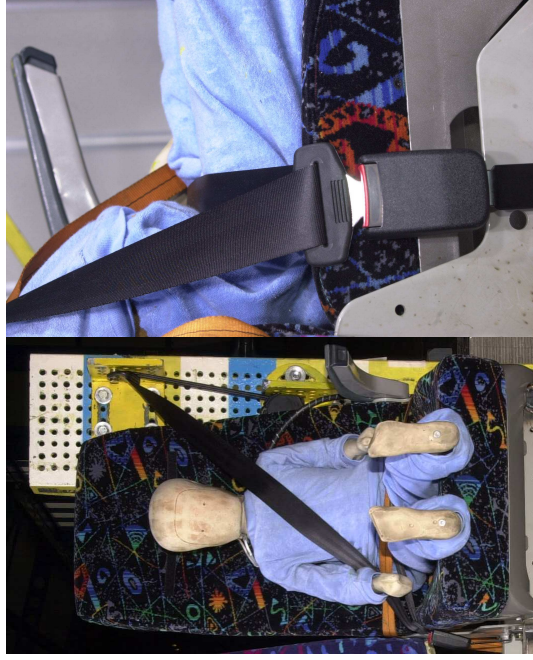
En los 4 ensayos se realizaron con un dummy P3, representativo de un niño de 3 años, 50 percentil, la primera serie sobre un asiento de autocar actual sin cinturón de seguridad, y la segunda, sobre un asiento con cinturón de seguridad.

De los diferentes estudios accidentológicos se extrae que en los casos de heridas provocadas por el cinturón, la mayoría se trata de lesiones abdominales. Dichas lesiones se deben al mecanismo conocido como submarining, consistente en el deslizamiento del ocupante por debajo del cinturón de seguridad. El submarining se produce cuando el tramo pélvico no retiene al ocupante a través de las crestas ilíacas, sino apoyándose en el tejido blando del abdomen, provocando lesiones en órganos blandos como el hígado o los intestinos, e incluso lesiones espinales (Submarining Injuries of 3 Pt. Belted Occupants in Frontal Collisions – Description, Mechanisms and Protection; Y. C. Leung et al.).

5.5.1. Ensayo 013505TI

Este primer ensayo se realizó adaptando un cinturón de seguridad de automóvil a un asiento de autocar, marca FAINSA. La selección de los puntos de anclaje del cinturón se realizó siguiendo las siguientes premisas:

- Puntos de anclaje abdominales en la vertical de la ingle del maniquí de 3 años.
- Anclaje superior aproximado a la situación en un asiento de autocar sobre estructura complementaria.



Ensayo 013505TI: Vista general de la configuración de ensayo; Detalle del anclaje del cinturón pélvico

Los anclajes del cinturón abdominal fueron posicionados en la vertical de la ingle del maniquí con el objetivo de optimizar el apoyo del cinturón sobre las crestas ilíacas del ocupante en vistas a limitar el submarining.

El principal objetivo de este ensayo fue la validación de los puntos de anclaje abdominales, además de la evaluación de la potencialidad del sistema de retención.

Los resultados del ensayo fueron:

- Aceleración resultante del tórax_3ms: 63.96 g (NO conforme R44 <55 g)
- Aceleración negativa Z tórax_30 g: 0.9 ms (conforme R44 <3ms)
- No se observó penetración abdominal (conforme R44)
- La cabeza del maniquí no franquea los planos BA y DA (conforme R44)

Gracias a este ensayo se validó la configuración de puntos de anclaje abdominales en al vertical de la ingle.

Los resultados no fueron conformes a los criterios impuestos sobre los Sistemas de Retención Infantil por el Reglamento 44. De todas maneras, los resultados se acercaban a los objetivos, y los elevados valores de deceleración observados pueden explicarse debido al anclaje rígido del reenvío del cinturón.

5.5.2. Ensayo 013601TI

Para aproximarnos a las condiciones reales de funcionamiento del cinturón, anclado sobre la estructura de asiento, se decidió realizar un segundo ensayo (013601TI), repitiendo la configuración del ensayo 013505TI, pero esta vez utilizando un cinturón de automóvil provisto de un limitador de carga configurado a 4.0 kN, acompañado de una recolocación del reenvío con tal de aproximar la posición de éste a la que tendría en un asiento de autocar.



Ensayo 013601TI: Vista general de la configuración de ensayo

Los resultados del ensayo fueron:

- Aceleración resultante del tórax_3ms: 59.02 g (NO conforme R44 <55 g)
- Aceleración negativa Z tórax_30 g: 0 ms (conforme R44 <3ms)
- No se observó penetración abdominal (conforme R44)
- La cabeza del maniquí no franquea los planos BA y DA (conforme R44)

De este ensayo se concluyó la necesidad de disponer de asientos preparados para soportar las cargas propias del cinturón debido a la influencia del comportamiento de la estructura del asiento como soporte del reenvío del cinturón.

5.5.3. Ensayo 015002Ti

Una vez analizados la primera serie de ensayos, se decidió realizar los siguientes ensayos en asientos con configuración de cinturón de seguridad sobre los que se modificaría la geometría de los puntos de anclaje, utilizando el retractor, cinturón y hebilla actuales.

Referente a los puntos de anclaje abdominales, se observó que los puntos de anclaje actuales se aproximaban suficientemente a la vertical de la ingle del maniquí de 3 años, por lo que se decidió mantener estos puntos para evaluar su capacidad para evitar el submarining del ocupante en los siguientes ensayos.

Durante la preparación del ensayo se observó que la geometría actual era desfavorable para un ocupante de talla reducida, principalmente debido a que el reenvío del cinturón se encontraba en el respaldo y no, como sería preferible.

Las modificaciones introducidas en este asiento consistieron en la fijación del reenvío en el lateral del respaldo. Se aprovechó para situar el reenvío a la mínima altura admisible para la homologación.



Ensayo 015002Ti: Detalle modificación del reenvío; Vista general de la configuración de ensayo; Detalle de la Hebilla.

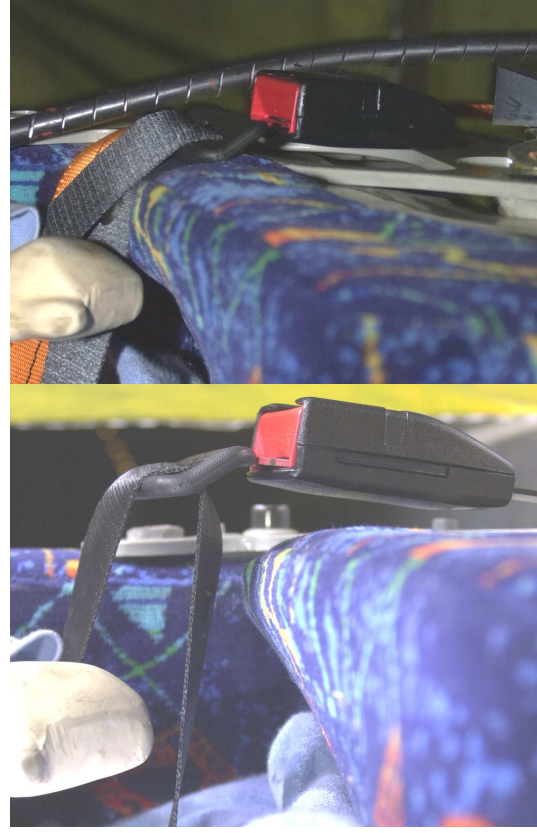
Los resultados del ensayo fueron:

- Aceleración resultante del tórax_3ms: 62.63 g (NO conforme R44 <55 g)
- Aceleración negativa Z tórax_30 g: 0.7 ms (conforme R44 <3ms)
- No se observó penetración abdominal (conforme R44)
- La cabeza del maniquí no franquea los planos BA y DA (conforme R44)

La configuración del anclaje de la hebilla del cinturón de seguridad actual resultó ser inadecuado debido a una excesiva longitud de la tija de la hebilla, que limitó la retención por parte del cinturón pélvico, produciendo una menor rotación del tórax del maniquí y concentrando las deceleraciones en el eje X del ocupante, penalizando la resultante de la aceleración del tórax.

5.5.4. Ensayo 015003 TI

Este ensayo se realizó introduciendo únicamente modificaciones en la tija de la hebilla del cinturón de seguridad, con tal de favorecer la retención del ocupante mediante el tramo pélvico del cinturón.



Ensayo 015002TI / 015003TI: Detalle de la hebilla del cinturón

La tija de la hebilla fue recortada 100 mm con tal de desplazar hacia abajo el punto de anclaje efectivo para obtener el máximo contacto entre el cinturón pélvico y el ocupante y limitar la cinta libre sin tensión antes del impacto.

Los resultados del ensayo fueron:

- Aceleración resultante del tórax_3ms: 48.61 g (conforme R44 <55 g)
- Aceleración negativa Z tórax_30 g: 0 ms (conforme R44 <3ms)
- No se observó penetración abdominal (conforme R44)
- La cabeza del maniquí no franquea los planos BA y DA (conforme R44)

En este ensayo se consiguió disponer de una configuración de cinturón conforme a su utilización como Sistema de Retención Infantil según R44.

5.5.5. Limitaciones de la configuración 015003TI

La configuración del ensayo 015003TI presentaba como gran variación respecto el modelo actual de asiento, la posición del reenvío del cinturón, que ahora se encontraba en la posición más baja admisible para su homologación según el Reglamento 14.

Esto, si bien no presentaría problemas para su certificación, sí que podría presentar problemas de funcionamiento y no asegurar la correcta retención de los ocupantes de todas las tallas, sobretodo para adultos en el 50 percentil o por encima.

Asimismo, para el maniquí de 3 años, el cinturón, si bien cumple con lo establecido en el Reglamento 44 y en el ensayo no se observaron contactos peligrosos con el cuello, si que podría presentar problemas de confort al pasar demasiado cerca de la cara y el cuello, y ser potencialmente peligroso en el caso de niños de 3 años por debajo del 50 percentil.

6. PRIMEROS PROTOTIPOS

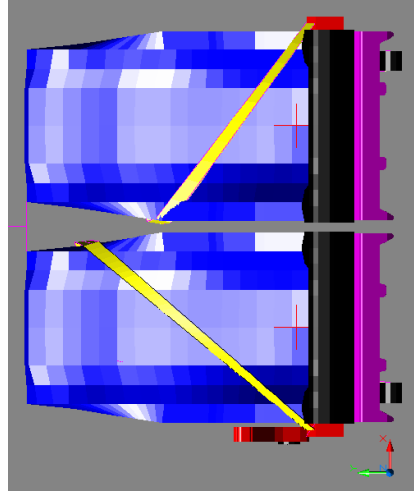
6.1. Líneas de diseño de los primeros prototipos

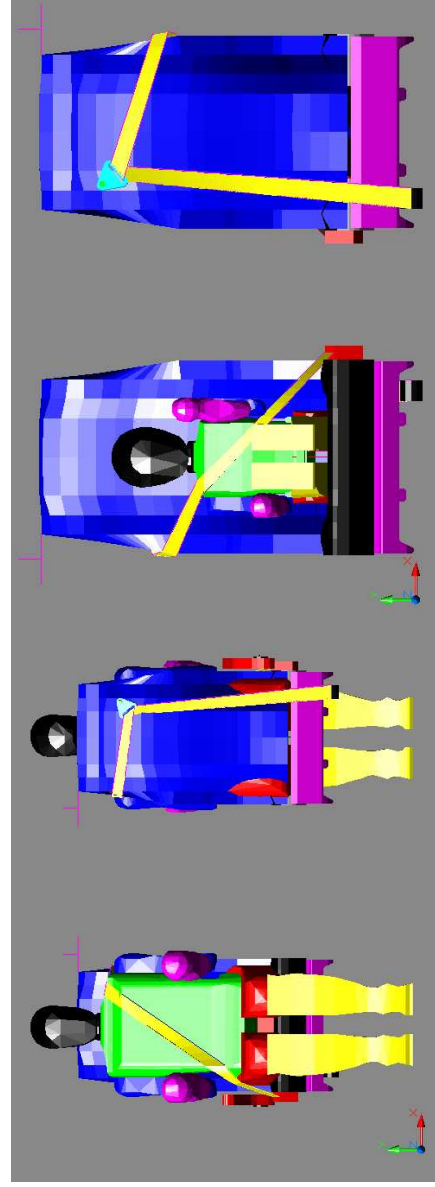
Tal y como se mostró en el estudio de accidentes que IDIADA realizó para la Dirección General de Tráfico (*Consultoría para la realización de un estudio de accidentes en carretera, con implicación de autobuses*) la principal causa de muerte de los ocupantes fue la eyección parcial o total. Es universalmente aceptado que el cinturón de seguridad de tres puntos es un sistema de retención eficiente para evitar la eyección de los ocupantes adultos de un vehículo. El cinturón de seguridad fue diseñado para los ocupantes adultos, necesitando de accesorios adicionales para la retención de menores.

El transporte en autocar es utilizado tanto por la población adulta como por los menores (mayoritariamente como transporte escolar). La introducción de Sistemas de Retención Infantiles propios de automóviles, que garantizase, si bien no pondría dificultades técnicas, se convierte en una elección imposible en el momento en que se considera el número de pasajeros por vehículo y la flexibilidad necesaria de este tipo de servicio, ya que debe estar en condición de aceptar tanto un número de adultos igual al número de plazas como de niños de 3 años, por citar 2 casos extremos.

Este hecho nos plantea la necesidad de diseñar un sistema de retención adecuado a los usuarios, pero debemos asegurar que su utilización es lo más sencilla posible para evitar casos de negligencia.

Con la finalidad de desarrollar un sistema de retención que garantice la protección de los ocupantes, tanto adultos como infantiles, se desarrolló este proyecto. Manteniendo las premisas de no-utilización de complementos y conveniencia para todo tipo de tallas, sin necesidad de ajustes, IDIADA planteó la siguiente solución para la integración de Sistemas de Retención Infantiles en asiento de autocar:





El sistema consiste en colocar el reenvío del cinturón en el lado de la hebilla, atravesando más o menos horizontalmente el asiento según la altura del hombro del ocupante.

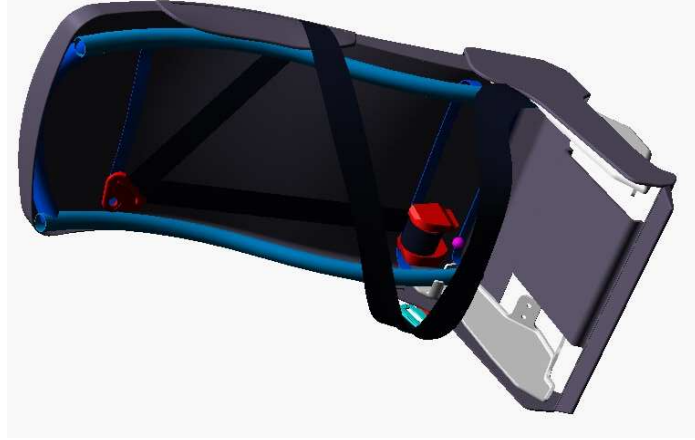
Mediante una guía se puede imponer la tendencia de salida del cinturón para adaptarse a diferentes alturas según la talla del ocupante. En los casos de pasajeros de talla adulta, el cinturón se situaría por encima de los límites impuestos por el Reglamento 14, mientras que en el caso de niños, este se situaría por debajo; en este caso, no supondría un impedimento para su homologación ya que se propondría la consideración de Sistema de Retención Infantil.

Los puntos de anclaje pélvicos deberán colocarse en la vertical de la ingle del maniquí de 3 años, o en defecto, hacia atrás pero sin que la cinta supere un ángulo de 30°.

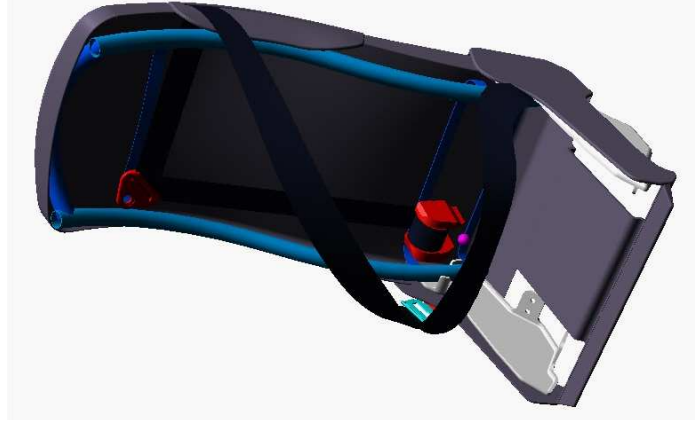
El cinturón deberá ser equipado de un limitador de fuerza en el caso que la rigidez de la estructura del asiento sea capaz de elevar la tensión de manera que produzca una deceleración demasiado elevada del tórax del ocupante.

Mediante herramientas de diseño gráfico se dibujaron esbozos del futuro dispositivo.





Posición del cinturón para la retención de ocupantes infantiles



Posición del cinturón para la retención de ocupantes adultos

6.2. Cálculo y simulación de la cinemática de los ocupantes adultos haciendo uso del cinturón de seguridad con ajuste automático de la altura del reenvío bajo las condiciones descritas en el Reglamento 80

6.2.1. Introducción

Previamente a la realización de ensayos experimentales mediante el uso de maniqués (dummies) se consideró adecuada la realización de ensayos simulados mediante el uso de herramientas informáticas.

La simulación del ensayo permitió tener una primera idea del comportamiento del sistema situando sobre el asiento la reproducción virtual de uno de los maniqués y simulando la deceleración propia de los ensayos reales.

Posteriormente, se llevará a cabo la correlación entre los resultados de la simulación y la experimentación, para la validación del modelo de simulación utilizado.

6.2.2. Ocupantes simulados

Dado que el sistema a desarrollar puede ser utilizado tanto por niños como por adultos se decidió simular el comportamiento de un amplio margen de usuarios mediante la siguiente familia de maniqués:

- P3. Maniquí que simula un niño de tres años de edad.

- P6. Maniquí que simula un niño de seis años de edad.
- P10. Maniquí que simula un niño de diez años de edad.
- HIII 5th Percentile. Maniquí que simula un adulto de pequeñas dimensiones.
- HIII 50th Percentile. Maniquí que simula un adulto de talla media.
- HIII 95th Percentile. Maniquí que simula un adulto de grandes dimensiones.

El uso de estos maniqués asegura el análisis del comportamiento del sistema para un completo espectro de posibles usuarios, desde un niño de tres años y 15 kg de peso hasta un adulto de algo más de 98 kg.

6.2.3. Pulsos de aceleración

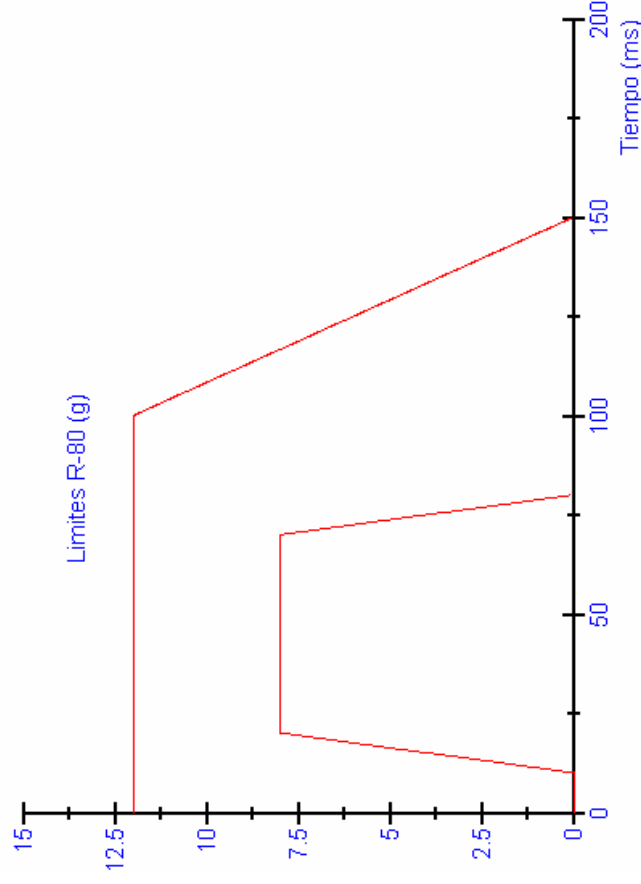
La simulación del comportamiento del sistema conlleva el montaje de un sistema virtual de maniquí, asiento y cinturón de seguridad sobre el que se aplicará la deceleración propia que se pretende simular. Esta deceleración aplicada es conocida como pulso de la simulación.

Cuando un vehículo impacta contra un objeto, su velocidad se ve reducida debido a la fuerza que el impacto provoca. Un instante después del contacto inicial entre ambos objetos la fuerza que se transmiten entre ellos es todavía pequeña dado que se están deformando las estructuras superficiales del vehículo. En una segunda fase del impacto empiezan a soportar la carga algunas estructuras más rígidas del autobús, es por ello por lo que la deceleración se incrementa. Cuando estas estructuras empiezan a colapsar se tiene una zona de deceleración constante para, por último, llegar a una zona en que la deceleración se reduce hasta llegar a cero, momento de detención del vehículo.

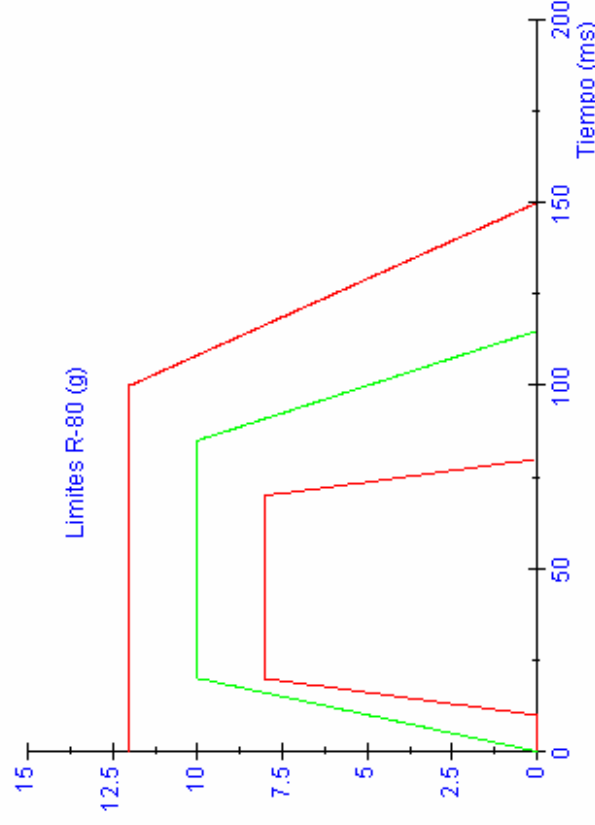
Los ensayos que se llevan a cabo para la reglamentación de sistemas de retención miden este pulso de deceleración para comprobar que se encuentra dentro de los márgenes que la normativa especifica.

Si bien pudiera parecer lógico simular el pulso según el máximo que la normativa ofrece, debe tenerse en cuenta que este máximo no es un pulso real sino un límite superior para el mismo. Esto implica que si se toma el máximo pulso de deceleración el ensayo no se está respetando otras condiciones especificadas también en los reglamentos (velocidad máxima del ensayo, variación de la velocidad,...).

Para solventar esto se han generado pulsos medios que permiten cumplir con las condiciones necesarias de ensayo en cuanto a todos los parámetros. Los pulsos medios se han generado a partir de las reglamentaciones que mejor se adaptan a las condiciones de la simulación. Para el caso de los maniqués adultos (Hybrid III 5th, 50th y 95th Percentile) se ha aplicado el reglamento 80 cuyos límites máximos y mínimos para el pulso a ejecutar son los siguientes:



Partiendo de estos límites el pulso que será simulado es el que puede verse en la siguiente imagen (en verde) situado entre los límites anteriores.



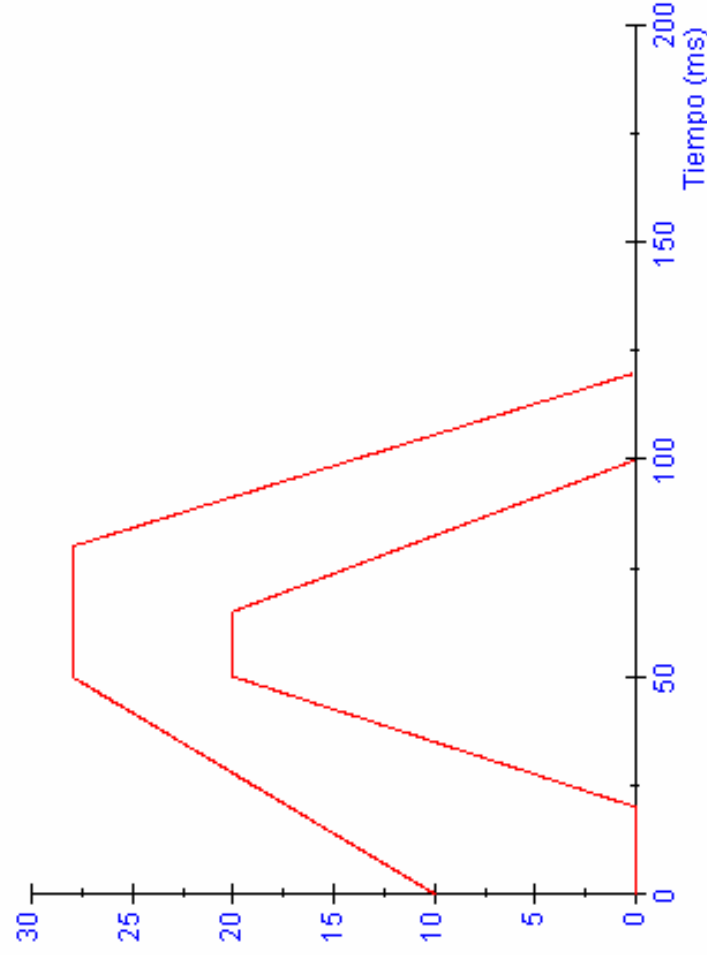
Los valores asociados a esta gráfica son los que se recogen en la siguiente tabla:

R- 80. Pulso intermedio:

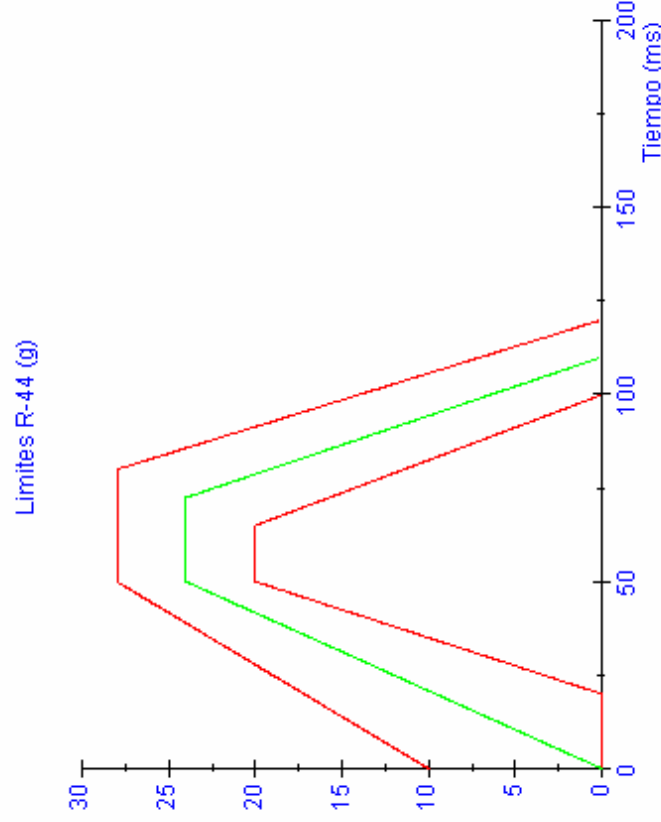
Tiempo	Aceleración
0 ms	0 g
20 ms	10g
85 ms	10g
115 ms	0 g

Para el caso de los maniqués infantiles (P3, P6 y P10) se ha realizado el mismo tipo pulso medio partiendo de los límites definidos en el reglamento 44.

Límites R-44 (g)



Generando de nuevo un pulso intermedio detallado en verde en la siguiente figura:



Los valores asociados a esta gráfica son los que se recogen en la siguiente tabla:

R- 44. Pulso intermedio:

Tiempo	Aceleración
0 ms	0 g
50 ms	24g
72,5 ms	24g
110 ms	0 g

6.2.4. Descripción del modelo de simulación utilizado

Uno de los objetivos del proyecto es el desarrollo de la tecnología de la simulación numérica por ordenador del comportamiento del sistema asiento-cinturón que se ensayará en los laboratorios de IDIADA AUTOMOTIVE TECHNOLOGY, SA.

Como resultado de este proyecto se crea la posibilidad de realizar predicciones sobre el comportamiento del sistema para diferentes maniquíes.

Para la realización de este proyecto se utiliza el método de cálculo por elementos finitos que se implementa con un software comercial que habitualmente utilizan los fabricantes de vehículos.

Para la preparación y elaboración de los multicuerpos se utiliza: MADYMO

Para el preproceso se utiliza: Easy Crash

Para los cálculos se utiliza: MADYMO

Para el postproceso se utiliza: Hyper View

Para todo el trabajo de simulación se utilizan ordenadores Workstation SGI Octane R12K/300.

Para la obtención de datos en laboratorio se utiliza: Wincanat

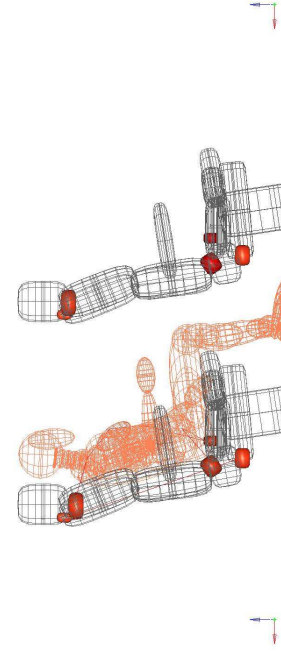
Para el procesamiento de datos en laboratorio se utiliza: Diadem

Partiendo de las líneas de diseño definidas en el punto 6.2.1, en el modelo utilizado en los cálculos por simulación se introdujeron las siguientes características:

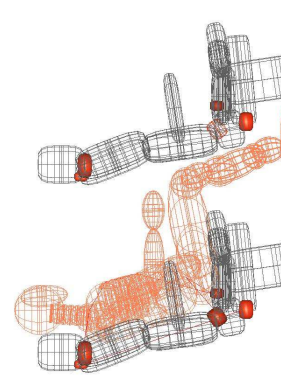
- Fila de dos asientos con cinturón "embarcado" en el propio asiento.
- Maniquí colocado en el punto H para que su posición sea natural y no forzada
- El cinturón embarcado es un cinturón de barras. Consta de nueve tramos: 1º sale del carrito situado y anclado en la parte rígida del asiento (abajo a la izquierda) y sube hasta un primer reenvío fijado al respaldo. 2º después a un segundo reenvío (a la derecha del asiento). 3º hasta el reenvío de salida (para salvar el espesor del respaldo) hacia el hombro del maniquí. 4º hasta el hombro (hasta aquí se considera que no existe pretensión ni holgura). 5º y 6º Recorren el tronco del maniquí. 7º alcanza la hebilla, fijada rígidamente a la parte fija del asiento. 8º sale de la hebilla hacia la pelvis del maniquí. 9º finalmente llega al anclaje situado entre ambos asientos y considerado fijado a la parte rígida del asiento) En los tramos de 5º a 9º consideraremos una holgura total de 20mm.
- En cada paso de reenvío y en la hebilla se considera un coeficiente de rozamiento de 0.1. En el resto el coeficiente de rozamiento es 0.02.
- La posición de los reenvíos 2 y 3 varía en función de la altura del maniquí pero se consideran que dicha posición es fija durante el impacto para cada maniquí.
- El material del cinturón empleado permite una elongación del 10% para una tensión de 10KN.

- Los contactos de la espuma asiento con maniquí se rigen según las funciones características del modelo de asiento.
- El suelo del apoyo de los pies se ha colocado a una distancia natural del asiento
- El pulso se aplica dando la aceleración al cdg del vehículo (es decir a la parte rígida del asiento)

En la siguiente figura se muestra el sistema asiento - cinturón a desarrollar donde se colocó un Hybrid III 5th Percentile, un Hybrid III 50th Percentile, y un Hybrid III 95th Percentile.



Hybrid III 5th Percentile



Hybrid III 50th Percentile



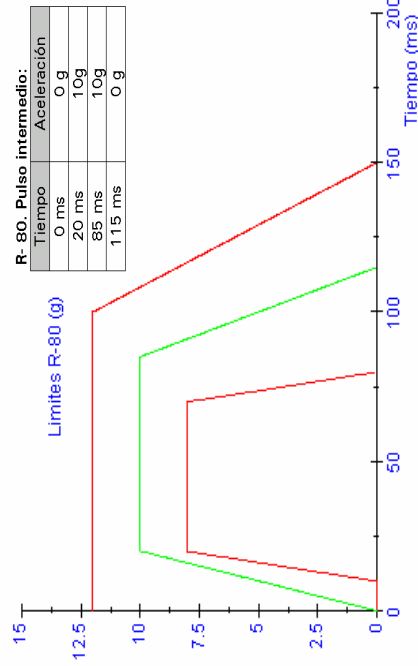
Hybrid III 95th Percentile

6.2.5. Simulación Hybrid III 5th Percentile

Descripción del maniquí: El maniquí representa un adulto de talla reducida, su denominación de 5th percentile hace referencia a que aproximadamente el 5% de la población tiene un peso inferior al suyo. Presenta un peso de 46.3 kg y una altura equivalente de 150 cm (el maniquí sólo puede posicionarse sentado).

Configuración de la simulación: El maniquí se dispone sentado sobre el asiento de un modo natural y utilizando el cinturón de seguridad. Se dispone de una fila de asientos vacíos frente a él con un espaciado entre filas de 0,8 m de manera que se pueda comprobar la interacción entre el maniquí y el respaldo de los asientos frontales.

Pulso de la simulación: Todo el conjunto se ve sometido a una señal de deceleración generada a partir de los límites recogidos en el reglamento 80 (Homologación de asientos) como el recogido en la siguiente figura.



Resultados obtenidos:

Valores biomecánicos:

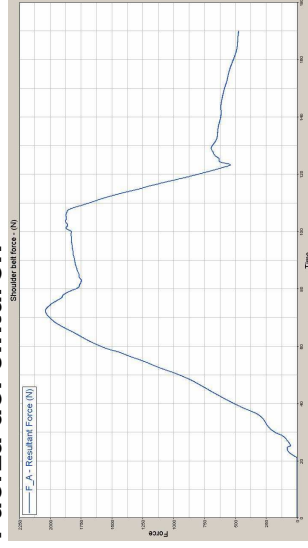
Algunos de los valores biomecánicos (los de mayor importancia para la evaluación según reglamento 80) se recogen en esta tabla.

Parámetro	Resultado de la simulación	Límite del R-80
HIC₃₆	65,5	500
Thorax Acc₃	13,5 g	30 g
Femur Force	0,65 kN	10 kN
Femur Force₂₀	0,4 kN	8 kN

Como puede apreciarse, el sistema no presenta, según la simulación, ningún inconveniente para superar los requerimientos del reglamento 80.

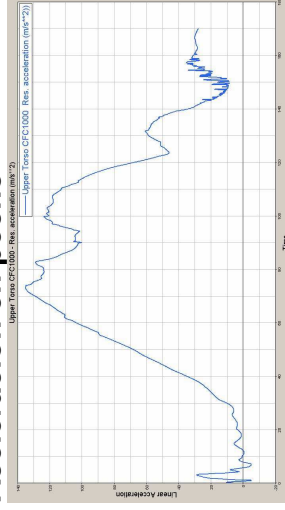
Gráficas:

Fuerza del cinturón



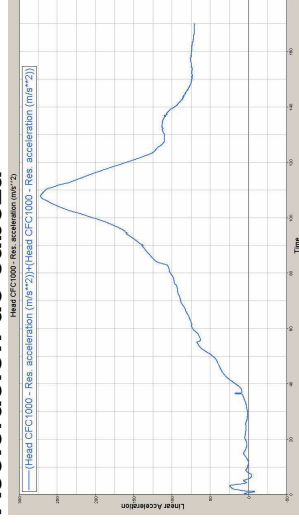
Max: 2,05 kN

Aceleración en el pecho



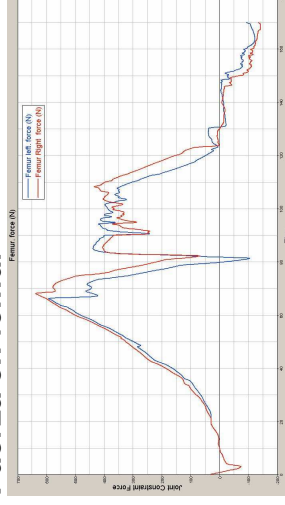
Max: 13,5 g

Aceleración de cabeza



HIC₃₆: 65,5

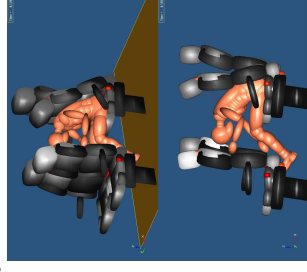
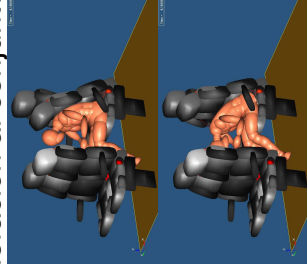
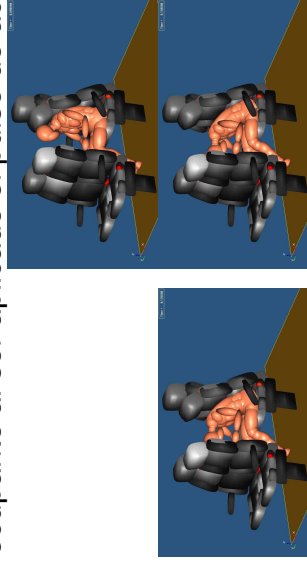
Fuerza en fémur



Max: 0,65 kN

Cinética del maniquí:

La siguiente secuencia de imágenes muestra el movimiento simulado para el ocupante al ser aplicado el pulso de aceleración al conjunto.



Conclusiones:

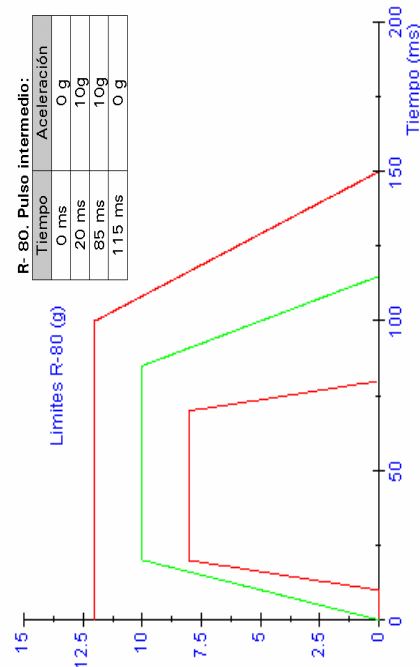
La secuencia de imágenes muestra como en un primer instante el maniquí sale despedido del asiento, debido a su inercia, hasta que la actuación del cinturón de seguridad permite retenerlo eficazmente. Por otro lado es apreciable la deformación del asiento que ejerce como limitador de esfuerzo sobre el cinturón, permitiendo obtener valores muy reducidos en cuanto a la aceleración e intrusión en la zona del pecho. La retención que ofrece el cinturón evita el impacto contra el respaldo del asiento delantero por lo que los valores biomecánicos medidos en el maniquí son muy reducidos, no presentándose ningún problema para superación del reglamento 80 por parte del conjunto.

6.2.6. Simulación Hybrid III 50th Percentile

Descripción del maniquí: El maniquí representa un adulto de talla media, su denominación de 50th percentile hace referencia a que aproximadamente el 50% de la población tiene un peso inferior al suyo. Presenta un peso de 74.4kg y una altura equivalente de 180 cm (el maniquí sólo puede posicionarse sentado).

Configuración de la simulación: El maniquí se dispone sentado sobre el asiento de un modo natural y utilizando el cinturón de seguridad. Se dispone de una fila de asientos vacíos frente a él con un espaciado entre filas de 0,8 m de manera que se pueda comprobar la interacción entre el maniquí y el respaldo de los asientos frontales.

Pulso de la simulación: Todo el conjunto se ve sometido a una señal de deceleración generada a partir de los límites recogidos en el reglamento 80 (Homologación de asientos) como el recogido en la siguiente figura.



Resultados obtenidos:

Valores biomecánicos:

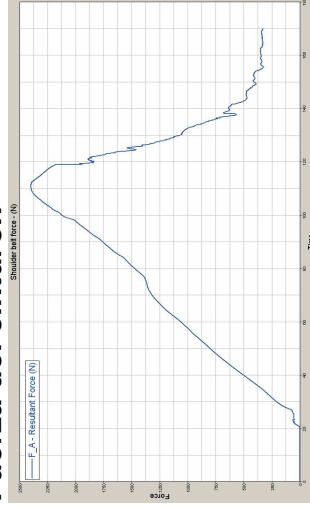
Algunos de los valores biomecánicos (los de mayor importancia para la evaluación según reglamento 80) se recogen en esta tabla.

Parámetro	Resultado de la simulación	Límite del R-80
HIC ₃₆	106,4	500
Thorax Acc ₃ .	13,9 g	30 g
Femur Force	1,4 kN	10 kN
Femur Force ₂₀	0,68 kN	8 kN

Como puede apreciarse, el sistema no presenta, según la simulación, ningún inconveniente para superar los requerimientos del reglamento 80.

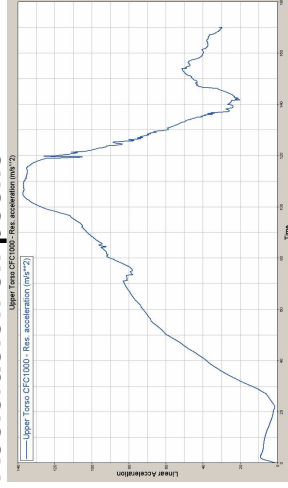
Gráficas:

Fuerza del cinturón



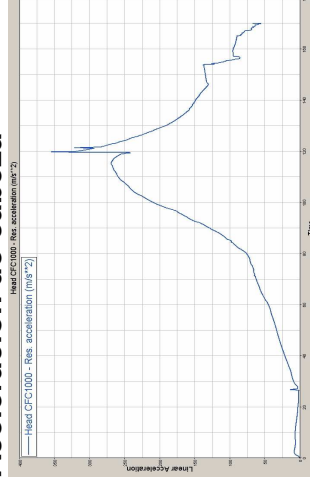
Max: 2,4 kN

Aceleración en pecho



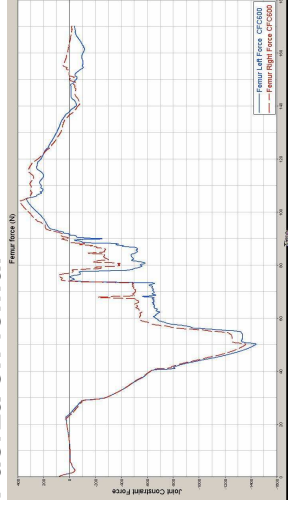
Max: 13,6 g

Aceleración de cabeza



HIC₃₆: 106,4

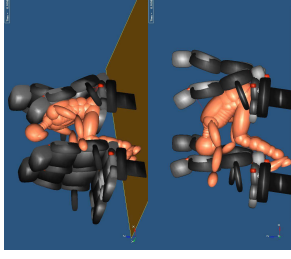
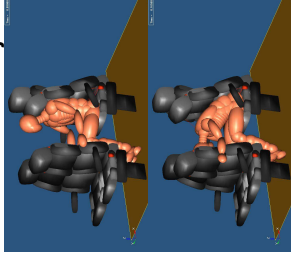
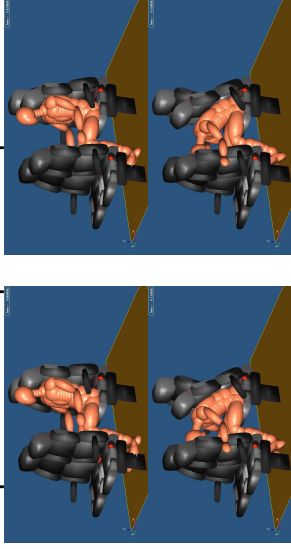
Fuerza en fémur



Max: 1,4 kN

Cinética del maniquí:

La siguiente secuencia de imágenes muestra el movimiento simulado para el ocupante al ser aplicado el pulso de aceleración al conjunto.



Conclusiones:

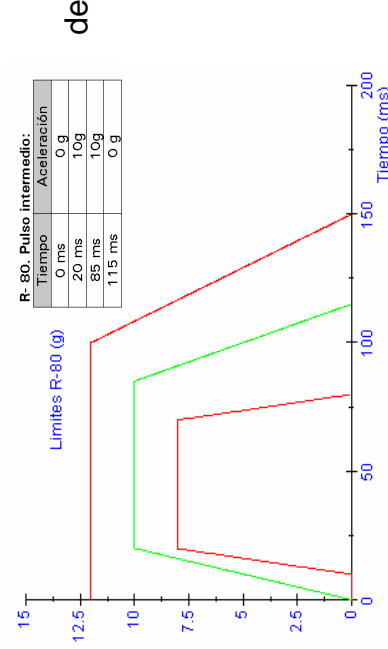
La secuencia de imágenes muestra como en un primer instante el maniquí sale despedido del asiento, debido a su inercia, hasta que la actuación del cinturón de seguridad permite retenerlo eficazmente. Por otro lado es apreciable la deformación del asiento que ejerce como limitador de esfuerzo sobre el cinturón, permitiendo obtener valores muy reducidos en cuanto a la aceleración e intrusión en la zona del pecho. La retención que ofrece el cinturón evita el impacto contra el respaldo del asiento delantero por lo que los valores biomecánicos medidos en el maniquí son muy reducidos, no presentándose ningún problema para superación del reglamento 80 por parte del conjunto.

6.2.7. Simulación Hybrid III 95th Percentile

Descripción del maniquí: El maniquí representa un adulto de talla grande, su denominación de 95th percentile hace referencia a que aproximadamente el 95% de la población tiene un peso inferior al suyo. Presenta un peso de 97.5kg y una altura equivalente de 185 cm (el maniquí sólo puede posicionarse sentado).

Configuración de la simulación: El maniquí se dispone sentado sobre el asiento de un modo natural y utilizando el cinturón de seguridad. Se dispone de una fila de asientos vacíos frente a él con un espaciado entre filas de 0,8 m de manera que se pueda comprobar la interacción entre el maniquí y el respaldo de los asientos frontales.

Pulso de la simulación: Todo el conjunto se ve sometido a una señal de deceleración generada a partir de los límites recogidos en el reglamento 80 (Homologación de asientos) como el recogido en la siguiente figura.



Resultados obtenidos:

Valores biomecánicos:

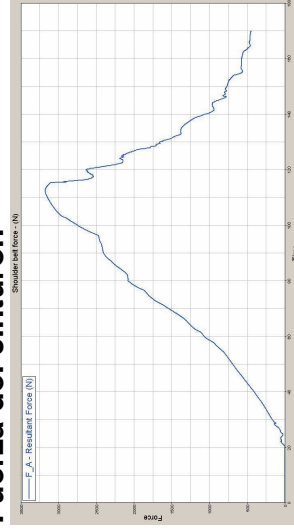
Algunos de los valores biomecánicos (los de mayor importancia para la evaluación según reglamento 80) se recogen en esta tabla.

Parámetro	Resultado de la simulación	Límite del R-80
HIC ₃₆	115,0	500
Thorax Acc ₃ .	14,5 g	30 g
Femur Force	1,5 kN	10 kN
Femur Force ₂₀	0,82 kN	8 kN

Como puede apreciarse, el sistema no presenta, según la simulación, ningún inconveniente para superar los requerimientos del reglamento 80.

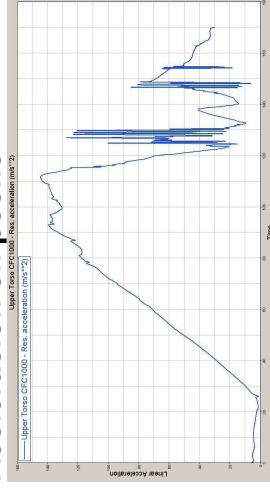
Gráficas:

Fuerza del cinturón



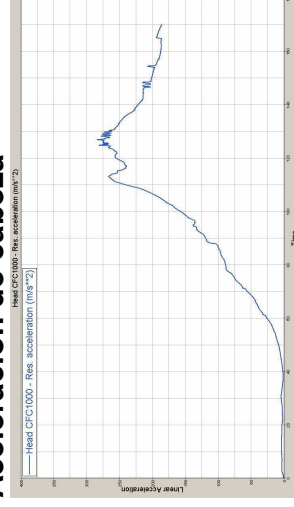
Max: 3,3 kN

Aceleración en pecho



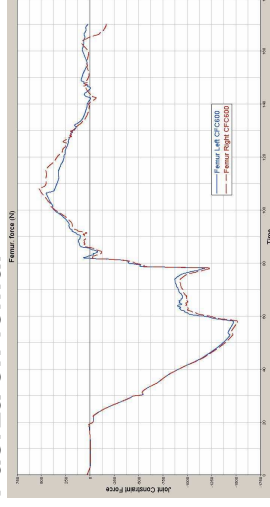
Max: 14,5 g

Aceleración de cabeza



HIC₃₆: 115,0

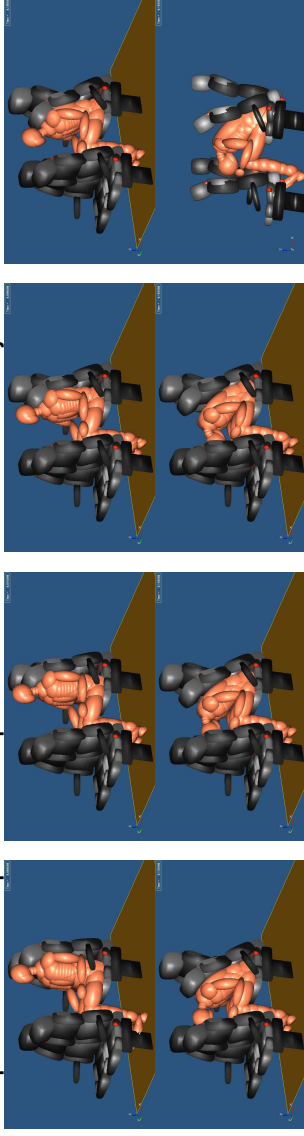
Fuerza en fémur



Max: 1,5 kN

Cinética del maniquí:

La siguiente secuencia de imágenes muestra el movimiento simulado para el ocupante al ser aplicado el pulso de aceleración al conjunto.



Conclusiones:

La secuencia de imágenes muestra como en un primer instante el maniquí sale despedido del asiento, debido a su inercia, hasta que la actuación del cinturón de seguridad permite retenerlo eficazmente. Por otro lado es apreciable la deformación del asiento que ejerce como limitador de esfuerzo sobre el cinturón, permitiendo obtener valores muy reducidos en cuanto a la aceleración e intrusión en la zona del pecho. La retención que ofrece el cinturón evita el impacto contra el respaldo del asiento delantero por lo que los valores biomecánicos medidos en el maniquí son muy reducidos, no presentándose ningún problema para superación del reglamento 80 por parte del conjunto.

6.3. Construcción de los primeros prototipos

6.3.1. Descripción de los ensayos

La fase de simulación fue validada mediante la realización de ensayos experimentales en las instalaciones que IDIADA dispone en su centro técnico de L'Albornar (Tarragona).

Estos ensayos, definidos técnicamente como “SLED TESTS”, se llevarán a cabo mediante una plataforma móvil, sobre la que se instalarán los asientos y los maniquíes, simulando la deceleración causada por el impacto. El avance del trineo se detiene mediante unas barras deformables calibradas, obteniendo una curva de deceleración bajo los requisitos marcados en los reglamentos que rijan los ensayos.

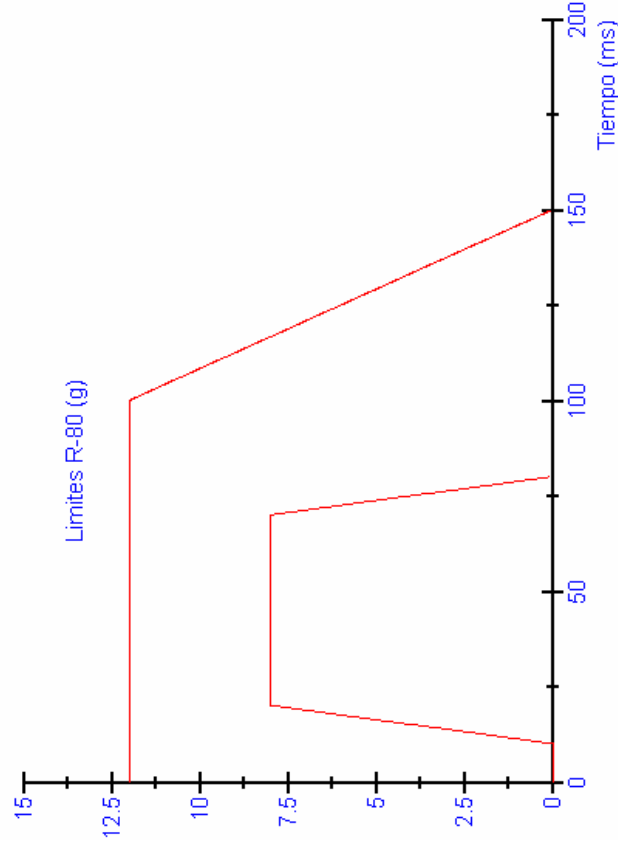
En este caso, la normativa dispone que el sistema utilizado por los adultos debe superar el reglamento 80 mientras que para la homologación del asiento como sistema de retención infantil debe superarse el reglamento 44.

Las series de ensayos realizados son las mismas que en el caso de la simulación.

Así pues, se realizaron una serie de ensayos dinámicos con la siguiente familia de maniquíes adultos Hybrid III, utilizados en los ensayos de choque frontal y cuya definición puede encontrarse dentro de la normativa americana (NHTSA- Part 572) si bien su utilización está estandarizada a nivel mundial.

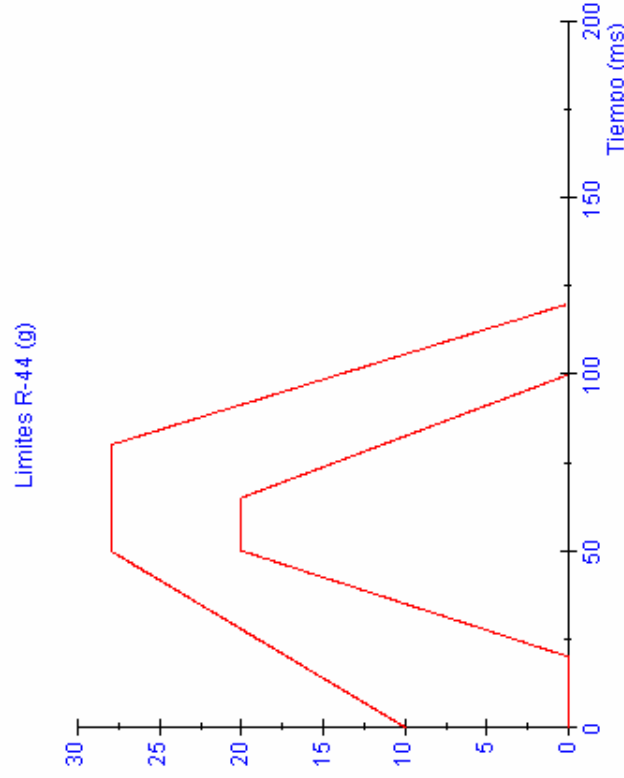
- HIII 5th Percentile. Maniquí que simula un adulto de pequeñas dimensiones.
- HIII 50th Percentile. Maniquí que simula un adulto de talla media.
- HIII 95th Percentile. Maniquí que simula un adulto de grandes dimensiones.

Estos maniquíes fueron sometidos a ensayos bajo las condiciones definidas en el reglamento 80. El ensayo consiste en la aplicación de un pulso de deceleración, como el recogido en la siguiente figura, a la plataforma deslizante sobre la que se encuentran dispuestos tanto los asientos como los maniquíes.



Los valores biomecánicos medidos sobre el maniquí no deben superar los límites definidos en la normativa: 500 en el caso de HIC (Head Injurance Criterion), 10 kN para la carga en el fémur, 8 kN con una duración superior a los 20 ms para la carga en el fémur y 30g de aceleración en el pecho con una duración mínima de 3ms.

Por otro lado, se pretende la homologación del conjunto asiento-cinturón como sistema de retención infantil para lo que se realizaron los ensayos correspondientes al reglamento 44. En este caso, el reglamento pretende asegurar la retención del niño en caso de choque frontal. El pulso de deceleración es superior al definido en el reglamento 80. Los límites máximo y mínimo para el pulso a ejecutar se recogen en la siguiente figura:



En este caso los ensayos se realizan de un modo análogo al anterior si bien no es necesaria la disposición de una fila de asientos anterior dado que lo que se busca es que el asiento retenga al ocupante.

Los ensayos se realizan con dummies pertenecientes a la familia P la definición de los cuales puede encontrarse dentro de la normativa americana (NHTSA- Part 572) si bien su utilización está estandarizada a nivel mundial.

Los maniqués con los que el ensayo fueron realizado son los siguientes:

- P3. Maniquí que simula un niño de tres años de edad.
- P6. Maniquí que simula un niño de seis años de edad.
- P10. Maniquí que simula un niño de diez años de edad.

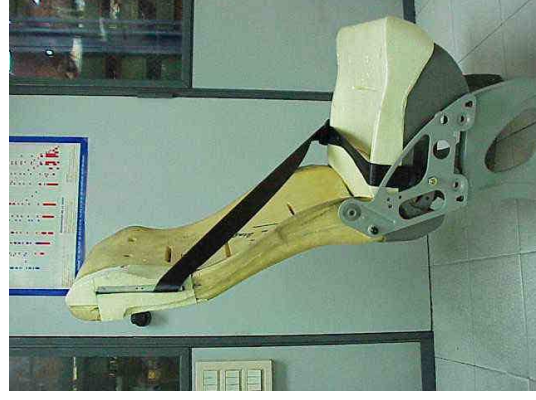
Si bien existen maniqués de menor edad que el P3 no se ha considerado su uso ya que éste no está comprendido dentro de las reglamentaciones que afectan al transporte escolar.

Durante la realización del ensayo el maniquí tiende a desplazarse hacia delante debiendo asegurar, el asiento, su correcta retención sin que se superen los 55 g de aceleración en el pecho con una duración superior a los 3 ms, sin que se den velocidades de impacto para la cabeza superiores a los 24 km/h, con una aceleración vertical en el abdomen inferior a 30 g durante 3 ms y sin que se produzca penetración abdominal de ningún tipo. Por último debe comprobarse mediante filmaciones de alta

velocidad que el centro de gravedad de la cabeza del maniquí no supera un cierto desplazamiento respecto al asiento.

6.3.2. Fabricación de los primeros asientos

Tras la realización de la primera serie de ensayos recogidos en los puntos anteriores del informe, se pasó a la fabricación de un primer prototipo de la solución planteada por IDIADA. FAINSA se encargó de la fabricación del prototipo. Las siguientes figuras muestran los primeros prototipos fabricados.



Posición del sistema asiento – cinturón para el posicionamiento de un menor



Posición del sistema asiento – cinturón para el posicionamiento de un adulto

Sobre estas muestras físicas se realizaron ciertas modificaciones para la consecución de prototipos homologables (modificaciones en el reenvío, orientación de la guía, aumento de longitud de la cinta, posición del anclaje,...).

Las siguientes fotografías muestran el prototipo listo para los ensayos de certificación y homologación.



7. HOMOLOGACIÓN DE PROTOTIPOS

7.1. Posicionamiento de los dummies en los prototipos

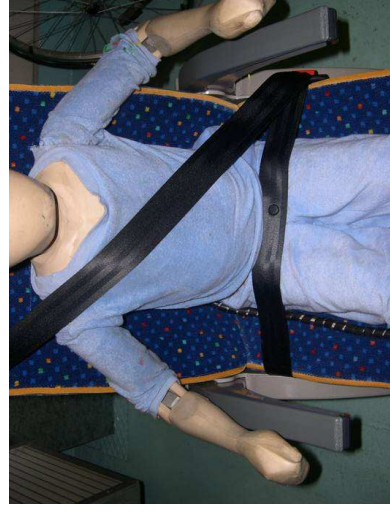
Realizadas la modificaciones necesarias sobre los primeros prototipos fabricados, FAINSA construyó una serie de asientos lista para la homologación. Como paso previo a las pruebas estáticas y dinámicas a realizar, se posicionaron los dummies de diferentes tallas sobre el asiento para determinar la compatibilidad del dispositivo para los diferentes maniquíes. Los maniquíes utilizados fueron:

- P3 (simula niño de 3 años de edad)
- P6 (simula niño de 6 años de edad)
- P10 (simula niño de 10 años de edad)
- HIII 5th percentile (simula un adulto de pequeñas dimensiones)
- HIII 50th percentile (simula un adulto de talla media)
- HIII 95th percentile (simula un adulto de grandes dimensiones)

Dummy P3

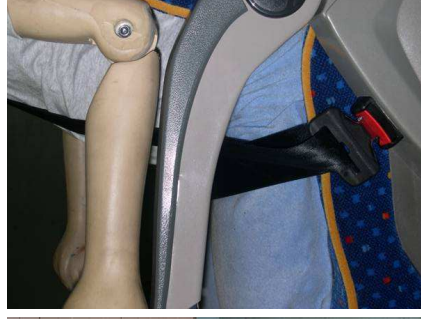


Dummy P6





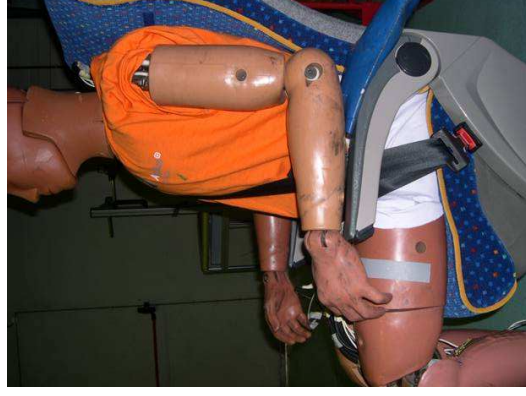
Dummy P10



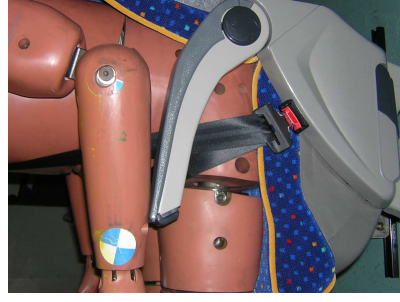
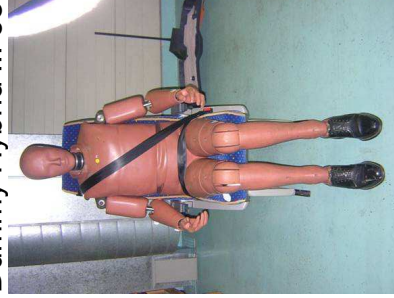
Dummy Hybrid III 5th Percentile



Dummy Hybrid III 50th Percentile



Dummy Hybrid III 95th Percentile



Sobre el prototipo se instalaron los dummies P3 (simula niño de 3 años de edad), P6 (simula niño de 6 años de edad), P10 (simula niño de 10 años de edad), HIII 5th percentile (simula un adulto de pequeñas dimensiones), HIII 50th percentile (simula un adulto de talla media), HIII 95th percentile (simula un adulto de grandes dimensiones), y **todos** ellos presentaron una retención adecuada.

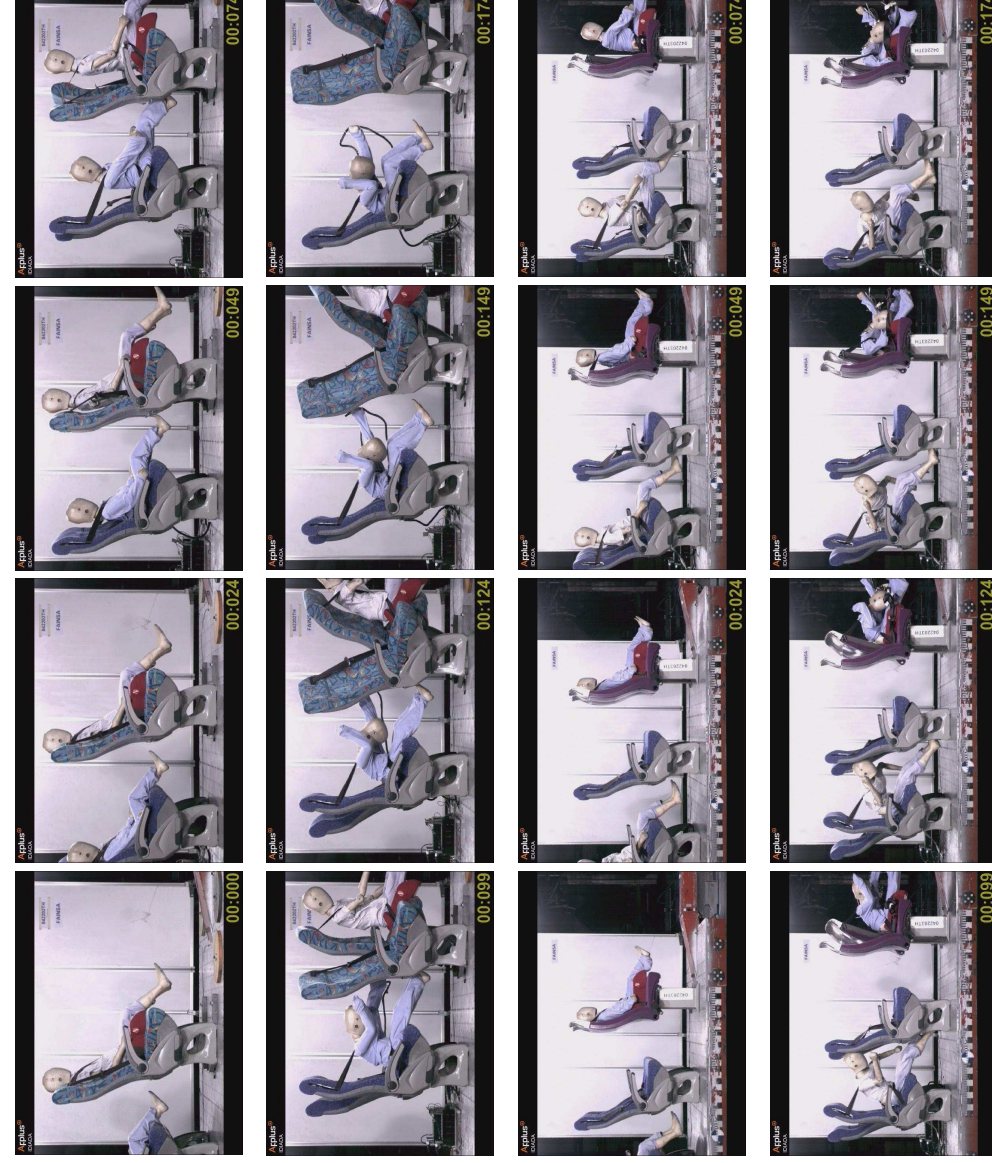
Con la finalidad de mejorar la retención de los dummies P3 (el de menor talla) y Hybrid III 95 th (el de mayor tamaño), IDIADA propuso aumentar la dimensión de la guía del reenvío (1 cm por arriba y 2-3 cm por abajo). Esta modificaciones se llevaron a cabo sobre los prototipos utilizados para la homologación.

7.2. Ensayos de homologación

Para la homologación del dispositivo, se realizaron todos los ensayos definidos en los procedimientos descritos en la siguiente relación de regulaciones.

1. Reglamento 80: Asientos y sus anclajes (M2 y M3).
2. Directiva 96/37: Asientos y sus anclajes.
3. Directiva 96/38: Anclajes de cinturones de seguridad.
4. Directiva 2000/3: Cinturones de seguridad y dispositivos de retención.
5. Reglamento 44: Sistemas de retención infantil.

Tras cumplir con todos los criterios de aceptación es posible afirmar que el sistema de retención infantil integrado en los asientos de autocares para transporte escolar desarrollado en este proyecto es **homologable**.



Frames de las películas capturadas con cámaras de alta velocidad (1000 frames/s) de los ensayos llevados a cabo para la homologación del dispositivo

Del mismo modo, se estudió con éxito la posibilidad de incorporar un sistema ISOFIX al asiento del autocar, permitiendo la instalación de todo tipo de SRI universales, incluso para niños de 0 a 3 años.

8. PATENTE DEL DISPOSITIVO DE AJUSTE AUTOMÁTICO DE LA ALTURA DEL REENVÍO DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD

8.1. Introducción

Actualmente está en trámite el proceso registro de patente del dispositivo de ajuste automático de la altura del reenvío del cinturón de seguridad. Este proceso se está llevando a cabo por parte de la compañía Sugrañes con sede social en Barcelona. Esta compañía ofrece asesoramiento técnico y jurídico para la realización de todos los trámites previos a la aceptación y registro de la patente así como para la posible defensa de esta frente a futuros plagios del sistema.

8.2. Proceso de patente del sistema

El proceso de patente se está llevando a cabo mediante el apoyo de una compañía externa a IDIADA. Asesorados por esta empresa, los pasos que se siguieron para la consecución de la patente fueron:

- Presentación del sistema a los responsables de la compañía Sugrañes.
- Búsqueda de patentes anteriores que pudieran entrar en conflicto con el sistema propuesto.
- Redacción de la propuesta de patente por parte de los técnicos de la compañía Sugrañes a partir de los informes proporcionados por IDIADA.
- Aceptación y registro de la patente.

Una vez completado el proceso, la patente queda registrada de manera que la propiedad intelectual del sistema pasa a manos del demandante. Esto implica que la realización del sistema no podrá ser llevada a cabo sin el consentimiento del mismo. La propiedad intelectual confiere derechos sobre el sistema que pueden ser defendidos frente a un tribunal en caso de vulneración del derecho de patente por alguna compañía.

El estado actual del proceso de la patente puede resumirse en los siguientes puntos:

- Se han realizado las reuniones preliminares con los técnicos de la compañía Sugrañes en las que se les ha explicado el diseño y funcionamiento del dispositivo.
- Se ha realizado el proceso de búsqueda de patentes similares y no se ha hallado ningún dispositivo similar al propuesto.
- Los representantes de la compañía Sugrañes han realizado un esbozo del documento de petición de patente en el que se describe el dispositivo tal como IDIADA lo describió y se realizan las reivindicaciones sobre el mismo. Estas reivindicaciones se hacen sobre la descripción del sistema, contemplando ciertas variaciones estructurales sobre el mismo, de manera que el ámbito de la patente prevista no sea tan amplio como para ser inaceptable ni tan reducido como para permitir que simples variaciones sobre la misma idea principal puedan ser patentadas posteriormente.

- La patente ha sido aceptada y se encuentra en proceso de registro.

A continuación se detalla el informe de petición de patente realizado por IDIADA asesorada por Sugrañes.

DESCRIPCIÓN

Sector técnico de la invención

La presente invención hace referencia a un sistema de guiado para cinturones de seguridad, de los que comprenden dos puntos de anclaje inferiores, situados a ambos lados del pasajero, y un punto de reenvío situado a la altura del hombro del pasajero, estando el citado punto de reenvío provisto de un dispositivo de ajuste de altura, adaptado para redirigir el cinturón de seguridad desde uno de los puntos de anclaje inferiores hasta el dispositivo de retención, posicionando el cinturón de seguridad diagonalmente sobre el torso del pasajero.

Antecedentes de la invención

Para mejorar la seguridad de los viajeros en los vehículos de transporte, se ha generalizado la instalación de cinturones de seguridad de dos o tres puntos en los asientos de los vehículos. Tal es el caso de los vehículos automóviles.

Pruebas biomecánicas han demostrado que un cinturón de seguridad de tres puntos ofrece mayor nivel de protección que uno de dos puntos. Se denomina cinturón de seguridad de tres puntos aquel que es susceptible de asegurar al pasajero al asiento por tres puntos, de los cuales generalmente dos son inferiores y están dispuestos a ambos lados del pasajero y el tercer punto, superior, está situado a la altura del hombro del pasajero. En caso de producirse una desaceleración brusca o choque, el cinturón de seguridad, que en condiciones normales se extiende y se recoge, queda fijado por los dispositivos de retención, con lo que los citados tres puntos se convierten en tres puntos de anclaje del cinturón de seguridad, el cual sujeta al pasajero al asiento del vehículo.

Los puntos inferiores se conocen también por puntos de anclaje inferiores. En cuanto al tercer punto, en aquellos sistemas en que el dispositivo de retención no se encuentra en el mismo lugar, éste se denomina punto de reenvío, ya que redirecciona el cinturón de seguridad hasta el punto donde se encuentra el dispositivo de retención, que es el verdadero punto de anclaje del cinturón al vehículo. Sin embargo, para el instante de impacto, el tercer punto también se denomina tercer punto de anclaje o punto de anclaje superior.

El tercer punto debe posicionar la correa del cinturón de seguridad diagonalmente sobre el torso del pasajero. Si la disposición del tercer punto es fija, en caso de impacto la trayectoria de la correa puede disminuir la efectividad del cinturón de seguridad, u ocasionar daños, en pasajeros cuya estatura difiere de la medida

estándar que se ha empleado para posicionar el que será el punto de sujeción superior del pasajero en el instante de impacto.

Existen realizaciones que pretenden solucionar este problema, especialmente para personas de talla pequeña como los niños, que permiten la redirección de la correa obligando su posicionamiento sobre el hombro del pasajero. Sin embargo, esto se consigue mediante la ayuda de elementos externos al cinturón de seguridad o al vehículo. Estos reposicionadores o redireccionadores de la correa del cinturón de seguridad están descritos en los documentos US-5,733,004 o US-6,174,032. El tercer punto, en lugar de ser fijo, en algunas realizaciones consiste en un punto de reenvío ajustable en altura.

Así, por ejemplo, se conoce por los documentos ES-B1-2 026 265 y FR-A-2.484.343, un dispositivo de ajuste en altura de un punto de reenvío de un cinturón de seguridad, en el cual una corredera se desplaza a lo largo de una varilla de soporte roscada en la zona de ajuste del reenvío.

Del mismo modo se conoce igualmente por el documento FR-A-2.482.539, un dispositivo para la regulación del punto de reenvío de un cinturón de seguridad, situado por encima del hombro del ocupante de un vehículo, en el cual el punto de anclaje está soportado por un cursor de corredera montado de forma desplazable en una corredera e inmovilizable en posición mediante un trinquete que coopera con una serie de orificios realizados en la corredera.

Todos estos dispositivos presentan inconvenientes, tales como las pocas posibilidades de ajuste y su complejidad, pero por encima de ellos, el hecho de que exigen una regulación manual, de manera que cada usuario debe graduar manualmente la altura del punto de reenvío adecuándola a sus medidas.

En el caso de personas que dependen de otra, como por ejemplo menores de edad, se añade el inconveniente de que a menudo ha de ser una segunda persona adulta la que tiene que colocar adecuadamente el cinturón de seguridad al menor de edad, y estar pendiente que este último no cambie, involuntariamente o no, la posición del cinturón de seguridad.

Por lo aquí expuesto, se hace notar la falta de sistemas de guiado para cinturones de seguridad capaces de desplazar automáticamente el punto de reenvío de la correa, adaptando así su posición a la morfología del usuario o usuaria de una forma más sencilla, rápida y precisa.

Explicación de la invención

Con objeto de aportar una solución a los problemas anteriormente descritos, se da a conocer el sistema de guiado para cinturones de seguridad objeto de la presente invención. Dicho sistema de guiado para cinturones de seguridad es de los que comprenden dos puntos de anclaje inferiores, situados a ambos lados del pasajero, y un punto de reenvío situado a la altura del hombro del pasajero, estando el citado punto de reenvío provisto de un dispositivo de ajuste de altura adaptado para redirigir el cinturón de seguridad desde uno de los puntos de anclaje inferiores hasta el dispositivo de retención, posicionando la correa del cinturón de seguridad diagonalmente sobre el torso del pasajero.

En su esencia, el sistema de guiado para cinturones de seguridad se caracteriza porque el dispositivo de ajuste de altura del punto de reenvío es automático y comprende un elemento guía, fijado a la carrocería o al asiento del vehículo, que permite desplazar libremente el punto de reenvío del cinturón y redireccionar el cinturón hasta un segundo punto de reenvío fijo, situado a una altura superior a la del elemento guía y dispuesto por detrás del mismo, con lo que la altura del primer punto del reenvío se regula automáticamente, adaptándose a la altura del pasajero.

En una realización preferida, el segundo punto de reenvío, fijo, es solidario al asiento y está situado en el lado contrario al del primer punto de reenvío.

En otra realización preferida, el segundo punto de reenvío es solidario al vehículo.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos de la presente memoria aparece representada una realización preferida de un sistema de guiado para cinturones de seguridad. La Fig. 1 es un esquema de un modo de realización de un sistema de guiado para cinturones de seguridad objeto de la invención.

Descripción detallada de los dibujos

La descripción que sigue hace referencia al dibujo antes mencionado, que permite apreciar con detalle las diferentes partes de que está formado un sistema de guiado para cinturones de seguridad como el de la invención.

El esquema de la Fig. 1 muestra un cinturón de seguridad 7 que sujeta a un pasajero 10 al asiento de un vehículo no representado. El sistema de guiado comprende dos

puntos de anclaje inferiores 2 y 3, y un punto de reenvío 4, destinados a retener al pasajero al asiento en caso de producirse una desaceleración brusca o choque.

El punto de reenvío 4 está provisto de un dispositivo de ajuste de altura 5, que en el caso de la Fig. 1 está dispuesto en el asiento no representado. El citado dispositivo de ajuste de altura 5 comprende un elemento guía que permite desplazar libremente el punto de reenvío 4 tal y como indican las flechas de la figura.

El punto de reenvío 4 redirecciona la correa hasta un segundo punto de reenvío 6, fijo, situado a una altura superior a la del dispositivo de ajuste de altura 5 y dispuesto por detrás del mismo. La situación del segundo punto de reenvío 6, fijo, permite la regulación automática del punto de reenvío 4, adaptándolo a la altura del pasajero.

El segundo punto de reenvío 6 puede estar formado por un simple herraje de reenvío del cinturón de seguridad 7 hasta el dispositivo de retención 9, adaptado para fijar instantáneamente el cinturón cuando se produce un impacto, dispositivo que no se describe por conocido y que usualmente comprende un carrete, o caja de retención. También es posible que dicho carrete o caja de retención puedan estar dispuestos en el citado segundo punto de reenvío 6.

Del mismo modo, cabe la posibilidad de que el segundo punto de reenvío 6 pueda estar dispuesto en el propio asiento, o en cualquier punto del vehículo, siempre y cuando esté dispuesto a una altura superior que la del dispositivo de ajuste de altura 5.

Preferentemente, el segundo punto de reenvío 6 se sitúa en el lado opuesto, respecto del pasajero, que el punto de reenvío 4.

En el momento de asegurarse al asiento mediante el cinturón de seguridad, el usuario o usuaria tiene que estirar previamente del cinturón de seguridad 7 en dirección al punto de anclaje inferior 2. La longitud del cinturón de seguridad 7 necesaria dependerá de la morfología del sujeto, ya que el cinturón pasa por encima del torso y de las piernas del mismo, tal y como se puede apreciar en la Fig. 1. A medida que se estira del cinturón de seguridad 7, éste es liberado del carrete o caja de retención y se desliza por el segundo punto de reenvío 6, fijo, en dirección al punto de reenvío 4, de donde es redireccionado al punto de anclaje inferior 2, y finalmente al punto de anclaje 3. En este proceso, el fregamiento del cinturón de seguridad 7 en el punto de reenvío 4 provoca el desplazamiento del elemento guía 8 del dispositivo de ajuste de altura 5, desplazándose el punto de reenvío 4, hacia arriba, si la talla del sujeto es “grande”, o bien hacia abajo, si la talla del sujeto es “pequeña”, situándose automáticamente a la altura que le corresponde. Este movimiento queda representado mediante flechas en la Fig. 1.

La posición del segundo punto de reenvío 6, permite que se transmita la fuerza ejercida por el dispositivo de retención 9 al punto de reenvío 4 desde una posición elevada, y que sobre el dispositivo de ajuste de altura 5 actúen fuerzas de componente vertical con sentido ascendente.

El tramo del cinturón de seguridad 7 comprendido entre el punto de reenvío 4 y el dispositivo de retención 9, puede ser exterior o puede estar dispuesto, total o parcialmente, oculto en el respaldo del asiento.

Reivindicaciones

- 1.- Sistema de guiado para cinturones de seguridad (1), de los que comprenden dos puntos de anclaje inferiores (2, 3), situados a ambos lados del pasajero, y un punto de reenvío (4) situado a la altura del hombro del pasajero, estando el citado punto de reenvío (4) provisto de un dispositivo de ajuste de altura (5), adaptado para redirigir el cinturón de seguridad desde uno de los puntos de anclaje inferiores (2, 3) hasta el dispositivo de retención, adaptado para fijar el cinturón en el momento del impacto, posicionando la correa (7) del cinturón de seguridad diagonalmente sobre el torso del pasajero, caracterizado porque dicho dispositivo de ajuste de altura (5) del punto de reenvío (4) es automático y comprende un elemento guía (8), fijado a la carrocería o al asiento del vehículo, que permite desplazar libremente el punto de reenvío (4) del cinturón y redireccionar el cinturón hasta un segundo punto de reenvío (6) fijo, situado a una altura superior a la del elemento guía (8) y dispuesto por detrás del mismo, con lo que la altura del punto del reenvío (4) se regula automáticamente, adaptándose a la altura del pasajero.
- 2.- Sistema de guiado para cinturones de seguridad (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el segundo punto de reenvío (6) fijo es solidario al asiento y está situado en el lado contrario al del primer punto de reenvío (4).
- 3.- Sistema de guiado para cinturones de seguridad (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el segundo punto de reenvío (6) fijo es solidario al vehículo.

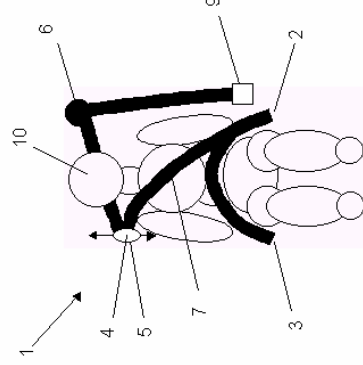


Figura 1. Esquema de un modo de realización de un sistema de guiado para cinturones de seguridad objeto de la invención

evaluación del ciclo de vida de vida de ARPRO®

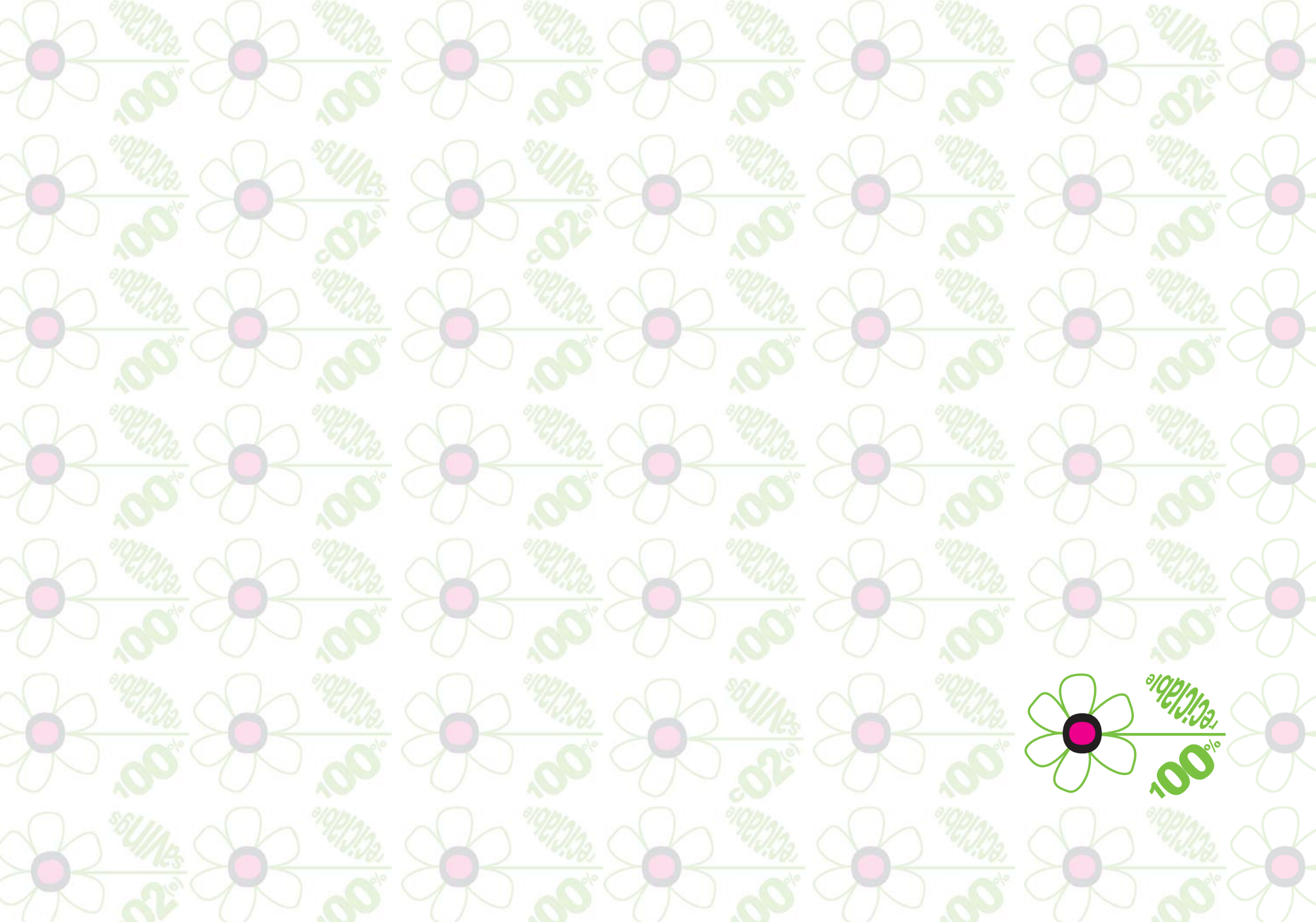
ventajas medioambientales
cuantificables y significativas

beneficio doce veces
superior al impacto

reduce el peso y
disminuye así el
consumo de combustible

ARPRO®

Mucho más que polipropileno expandido



ventajas medioambientales
cuantificables y significativas

beneficio **doce veces**
superior al impacto

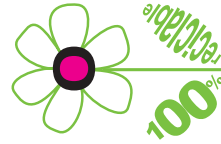
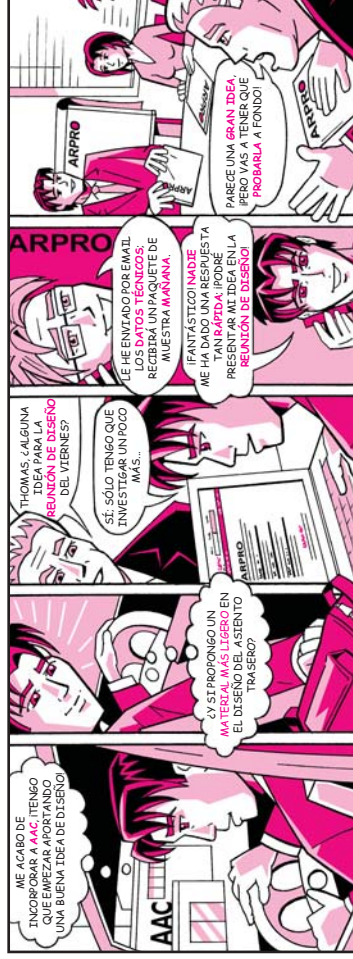
reduce el peso
disminuye así el
consumo de combustible



La evaluación del ciclo de vida de ARPRO® mide el impacto medioambiental de la producción, el uso y el desecho de un núcleo de asiento de ARPRO® típico

Principales conclusiones

- » El cálculo comparativo del potencial de calentamiento global correspondiente a la producción de un núcleo de asiento de ARPRO® arroja una **relación entre beneficio e impacto de 12 a 1**:
 - » El impacto del núcleo de asiento era equivalente a 21,9 kg CO₂(e)*.
 - » El ahorro en combustible resultante equivalía a 265,0 kg CO₂(e).
- » Si multiplicamos esta cifra por el número de vehículos vendidos al año, obtenemos un potencial ahorro para el medio ambiente de cerca de **16 millones de toneladas de CO₂(e)**.
- » Suponiendo que la vida útil de un vehículo es de 100.000 km, **con sólo sustituir un asiento se obtendría una reducción en CO₂(e) de 2,65 g/km**, lo que representa más de un 13% del objetivo de reducción de emisiones fijado por la UE para 2012, que consiste en pasar de 140 a 120 g/km de CO₂(e).
- » La reducción de las emisiones de CO₂(e) es consecuencia de la capacidad para reducir el **peso de los componentes hasta en un 35%**, lo que se consigue sustituyendo el pesado acero del dispositivo antisubmarinado de seguridad por ARPRO®.
- » Las propiedades mecánicas de ARPRO® permiten incorporar el núcleo de asiento en el propio asiento, sustituyendo así la tradicional estructura metálica y **contribuyendo a dotar de una mayor flexibilidad a la plataforma del vehículo**.
- » Se observa un **beneficio medioambiental (impacto positivo) en todas las categorías de impacto medioambiental menos en una**. En la categoría “ecotoxicidad acuática”, ni siquiera las prestaciones de reducción de peso de ARPRO® pueden compensar la carga medioambiental derivada de la fabricación del armazón.
- » **El impacto de la fase de fin de vida del núcleo de asiento es insignificante en comparación con otras fases del ciclo de vida**, incluso en el peor de los casos (desecho). Puesto que ARPRO® es 100% reciclable, el potencial de reducción de su impacto medioambiental es aún mayor.



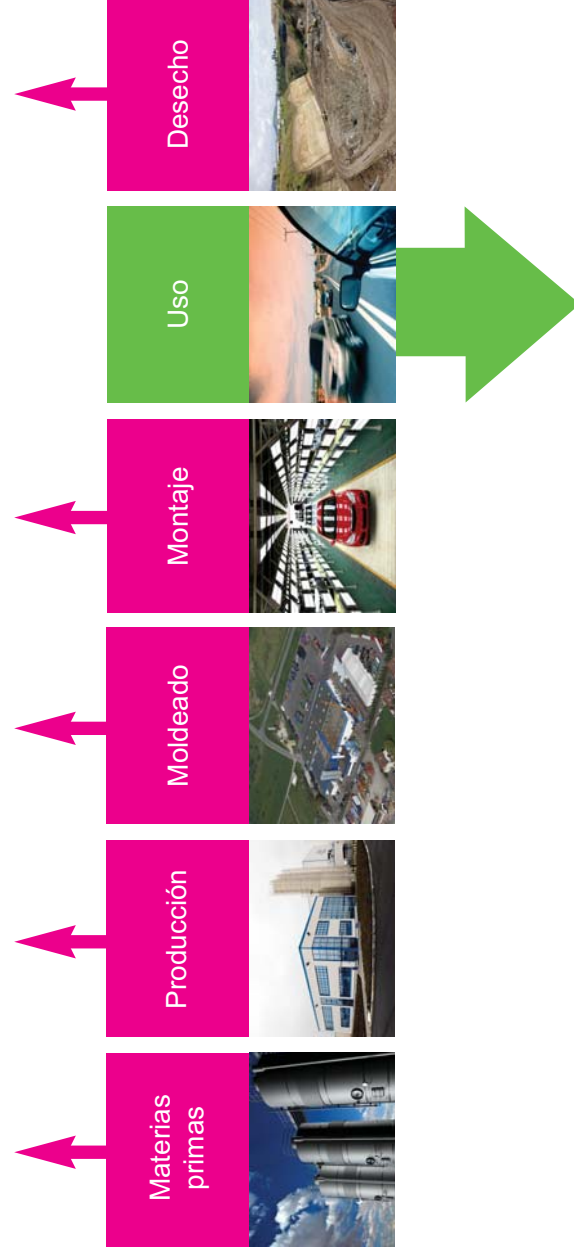
evaluación del ciclo de vida

Una evaluación del ciclo de vida (también conocida como LCA, análisis del ciclo de vida, estudio del ecoequilibrio y análisis a lo largo de la vida útil) es el examen y valoración del impacto que un determinado producto o servicio ejerce en el medio ambiente.

A medida que el tema del desempeño medioambiental vaya adquiriendo una mayor importancia, las empresas se verán cada vez más en la situación de tener que avalar con datos el compromiso medioambiental de sus productos. JSP ha encargado la elaboración de un informe completo de evaluación del ciclo de vida de ARPRO® con el fin de fomentar un mayor uso del producto y aumentar el grado de conocimiento de sus ventajas medioambientales. A pesar del interés de la industria automovilística, pocos proveedores han emprendido iniciativas similares.

metodología

Para realizar el análisis del ciclo de vida hemos aplicado el procedimiento aceptado internacionalmente, que se cñe a las normativas de gestión medioambiental ISO 14040. La elaboración de un estudio conforme a ISO requiere la aplicación bajo la dirección de una entidad independiente de un protocolo homologado, y la posterior revisión por parte de un segundo experto independiente en evaluación de ciclos de vida. Esta metodología es rigurosa y exhaustiva.



evaluación del ciclo de vida - introducción

La evaluación del ciclo de vida es la técnica de evaluación del impacto medioambiental de un producto o servicio que goza de un mayor grado de aceptación. En el caso de ARPRO®, esto implica la evaluación:

- » Desde el suministro de la materia prima
- » Durante el ciclo de uso
- » Hasta el fin de la vida útil (reciclado o desecho)

Aplicada correctamente, una evaluación del ciclo de vida mejorará la concienciación y el desempeño medioambiental a lo largo de toda la cadena de producción, mostrando en qué puntos es posible minimizar los consumos de materia prima, recursos y energía, así como los costes de desecho y gestión, eliminando al mismo tiempo los riesgos y responsabilidades en cuestiones medioambientales.

medición del impacto medioambiental

Se proporcionan resultados de cada fase de la producción, el uso y el fin de la vida útil para diversas categorías. A continuación, estas mediciones se cuantifican como equivalentes de impactos medioambientales conocidos (ver apéndice).

Los resultados tanto del impacto medioambiental para ARPRO® como del ahorro de combustible están comprobados, pero el efecto positivo sobre el medio ambiente es en realidad mayor que el indicado. El uso del núcleo de asiento de ARPRO® no sólo permite reducir el consumo de combustible y en consecuencia las emisiones de CO₂; el uso de un diseño basado en ARPRO® en lugar del diseño tradicional permite además eliminar el empleo de acero y las emisiones asociadas a su producción. Aunque estas ventajas no pueden incorporarse a nuestro cálculo, vale la pena observar la desproporción del impacto medioambiental de la pequeña cantidad de acero utilizada en el armazón del núcleo de asiento de ARPRO®, y que la cantidad de acero suprimido es diez veces superior a la cantidad de hecho empleada.

Núcleos de asiento de ARPRO®:

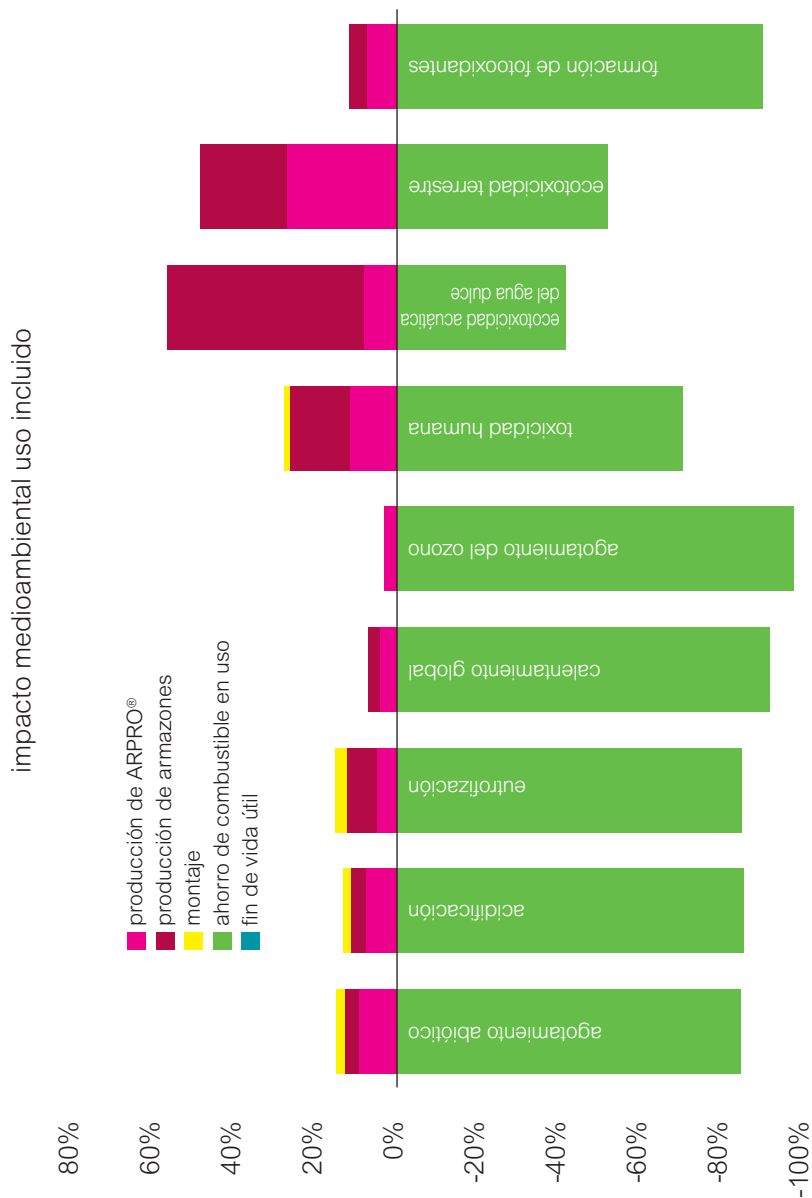
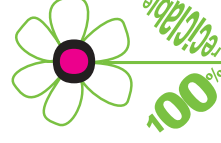


Fig. 1 Resultados de la LCA de un núcleo de asiento de ARPRO® que demuestran su impacto positivo

resultados del análisis del ciclo de vida

Los resultados de la evaluación del impacto, uso incluido, se muestran en la Fig. 1. La LCA de ARPRO® evalúa el impacto medioambiental resultante de la producción, el uso y el desecho de un núcleo de asiento de ARPRO® típico. Las principales conclusiones del informe son:

- » Se observa un beneficio medioambiental (impacto positivo, en verde) en todas las categorías de impacto medioambiental menos en una. En esa única categoría, ni siquiera las prestaciones de reducción de peso de ARPRO® pueden compensar la carga medioambiental asociada a la fabricación del armazón.
- » El cálculo de una cifra comparativa de CO₂ (potencial de calentamiento global) correspondiente a la producción de un núcleo de asiento de ARPRO® arrojó los siguientes resultados:
 - » El impacto del núcleo de asiento era equivalente a 21,9 kg CO₂.
 - » El ahorro en combustible resultante equivalía a -265,0 kg CO₂.
- » En la categoría “Calentamiento global”, el núcleo de asiento de ARPRO® acreditaba un beneficio medioambiental doce veces superior a su impacto.



impacto medioambiental

resumen

Casi todo el impacto de la producción de ARPRO® corresponde a las entradas de materia prima de ARPRO® al proceso de moldeado. Ello se debe a que la principal entrada de material de ARPRO® es polipropileno (el propileno, y por lo tanto también el polipropileno, es un producto de la nafta obtenida por agrietamiento, que a su vez es un derivado del petróleo crudo obtenido mediante un proceso que consume una gran cantidad de energía), y a que el moldeado en cámara de vapor es un proceso que requiere la generación de vapor a alta presión.

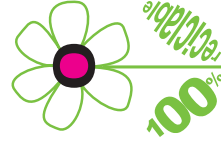
La contribución al impacto potencial total de la producción de ARPRO® (entradas de material y moldeado aparte) es por lo tanto relativamente pequeña, y la generación de electricidad es la responsable de la mayoría del impacto potencial restante.

El CO₂ que se utiliza en la producción de ARPRO® se obtiene de otras industrias de fabricación en las que el CO₂ es un subproducto y por lo tanto es ya un producto recuperado.

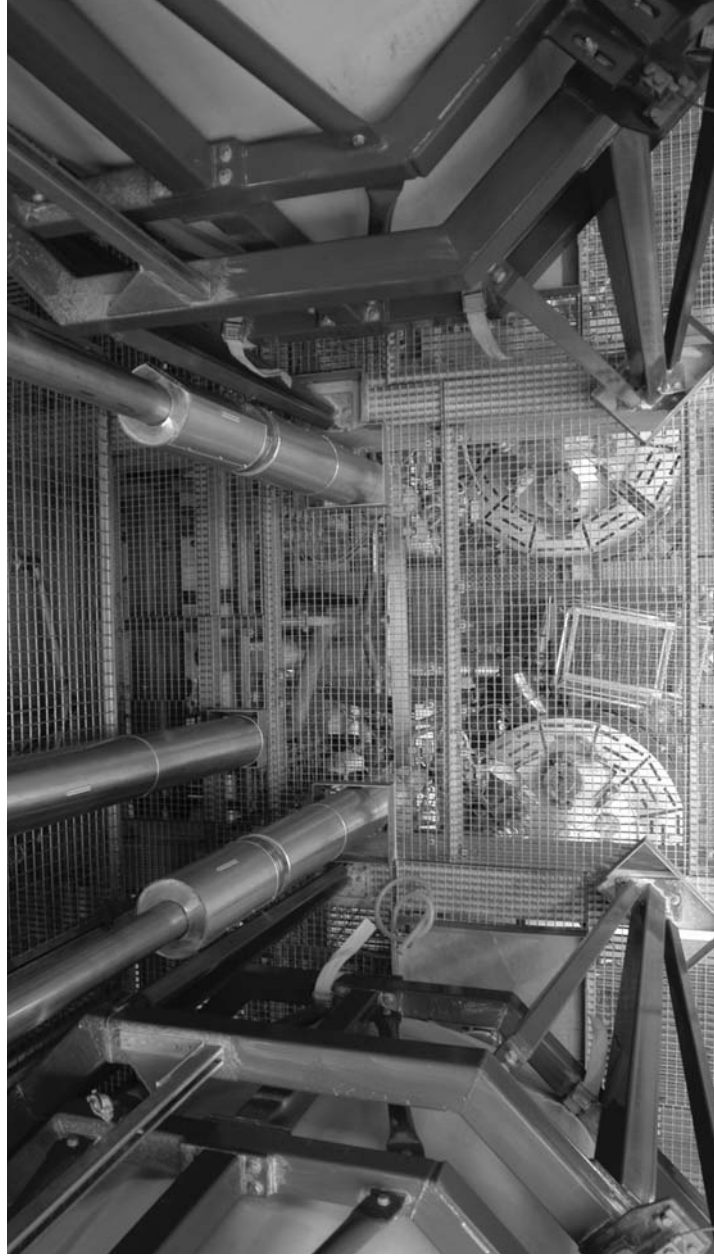
Los impactos de la fase de moldeado se deben principalmente a la extracción y la combustión de combustible y, en menor medida, a la generación de electricidad. En comparación con la producción del propio ARPRO®, la fase de moldeado consume más energía.

La producción del armazón es responsable de la mayor parte del impacto medioambiental potencial en las otras tres categorías de las nueve presentadas. La producción de acero y poliámid (un revestimiento de polímero de la estructura de acero) son los responsables de la mayor parte del impacto potencial de la producción del armazón en todas las categorías. Debe recordarse que la solución de diseño alternativa utiliza una cantidad de acero más de 10 veces superior.

La fase del ciclo de vida correspondiente al fin de la vida útil del núcleo de asiento es insignificante en relación con las demás fases del ciclo de vida. Debe recordarse también que ARPRO® es 100% reciclable.







categoría de impacto

relación beneficio/impacto

- agotamiento de recursos abióticos 4:1
- acidificación 6:1
- eutrofización 5:1
- calentamiento global (cambio climático) 12:1
- agotamiento del ozono 39:1
- toxicidad humana 2:1
- ecotoxicidad acuática del agua dulce 1:1
- ecotoxicidad terrestre 1:1
- formación de fotooxidantes 9:1

categoría de impacto	descripción práctica
» agotamiento de recursos abióticos	» consumo de todos los recursos del planeta
» acidificación	» tendencia a causar lluvia ácida
» eutrofización	» ciertas sustancias químicas se depositan en el suelo
» calentamiento global (cambio climático)	» aumento de la temperatura media, el nivel del mar, etc.
» agotamiento del ozono	» tendencia a incrementar el tamaño del agujero de la capa de ozono
» toxicidad humana	» aumento de la contaminación que afecta a los seres humanos (aire, agua, cadena alimenticia)
» ecotoxicidad acuática del agua dulce	» cantidad de contaminación en el agua
» ecotoxicidad terrestre	» cantidad de contaminación en el suelo
» formación de fotooxidantes	» contribución al aumento de los niveles de neblina

Nota: No todos estos impactos medioambientales tienen la misma importancia, pero no existe forma de compararlos cuantitativamente.

impacto medioambiental

resultados en mayor detalle

Los datos de la LCA de ARPRO® están desglosados para las diversas fases de producción y fuentes de impacto medioambiental con el fin de proporcionar una mejor explicación de las principales conclusiones y comprender mejor el rendimiento medioambiental de ARPRO®.

La producción de ARPRO® (y principalmente las entradas de material y el proceso de moldeado, ver Fig. 2 en pág. 12) es responsable del mayor impacto potencial en las siguientes categorías: agotamiento abiótico, acidificación, calentamiento global, agotamiento del ozono, ecotoxicidad terrestre y formación de fotooxidantes. Un resultado razonable, dado que el asiento está “hecho de” ARPRO®.

Sin embargo, la producción del armazón tiene un peso considerable en todas las categorías de impacto estudiadas. Supone la mayor contribución al impacto potencial total en las categorías de eutrofización, toxicidad humana y ecotoxicidad acuática del agua dulce.

La fase de montaje realiza una contribución crucial al impacto potencial total en las categorías de eutrofización y agotamiento del ozono.

La contribución al impacto potencial global de la fase del fin de la vida útil es insignificante en todas las categorías.

Estos resultados pueden desglosarse aún más para aportar un mayor nivel de detalle en las diferentes fases de la producción de núcleos de asiento de ARPRO®:

- » Producción de ARPRO®
- » Producción de armazones de núcleos de asiento
- » Montaje del núcleo de asiento en el vehículo
- » Fin de vida útil

A la hora de examinar los resultados, es preciso considerar la importancia relativa de cada fase. Por ejemplo, observe el pequeño impacto de la fase correspondiente al fin de la vida útil, a pesar de que se ha empleado el peor escenario posible. Al analizar en mayor detalle la producción de ARPRO®, es posible determinar los impactos específicos de las entradas de material y la fase de moldeado.



Núcleos de asiento de ARPRO®: impacto medioambiental por fase de ciclo de vida

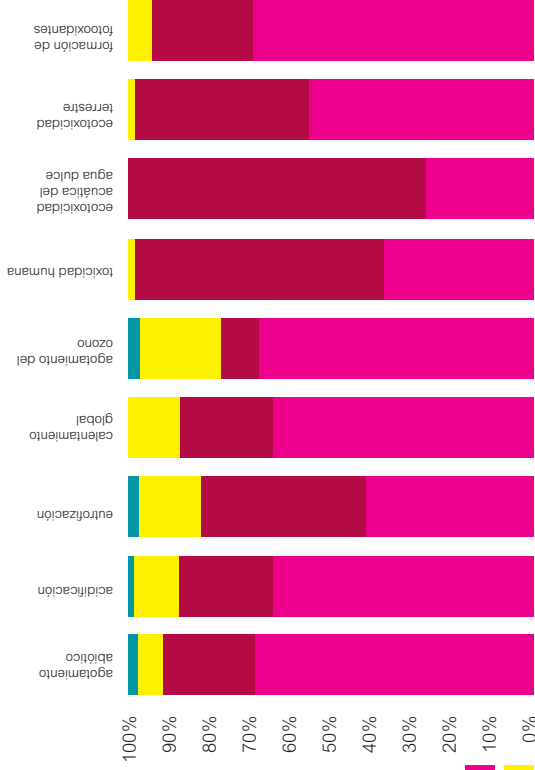


Fig. 2

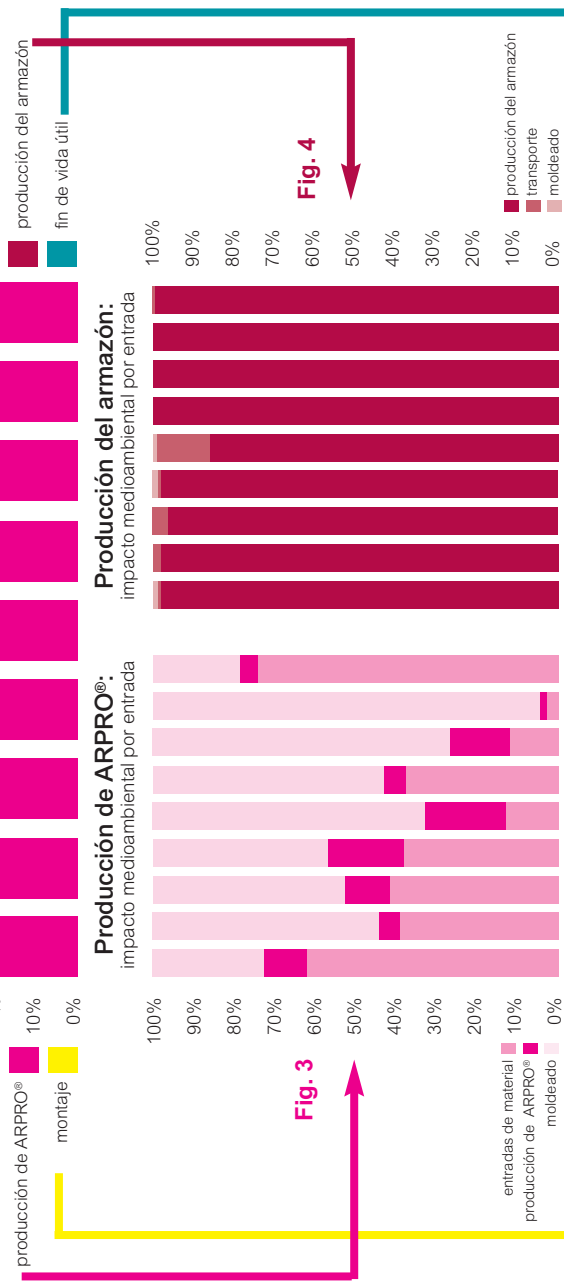


Fig. 3

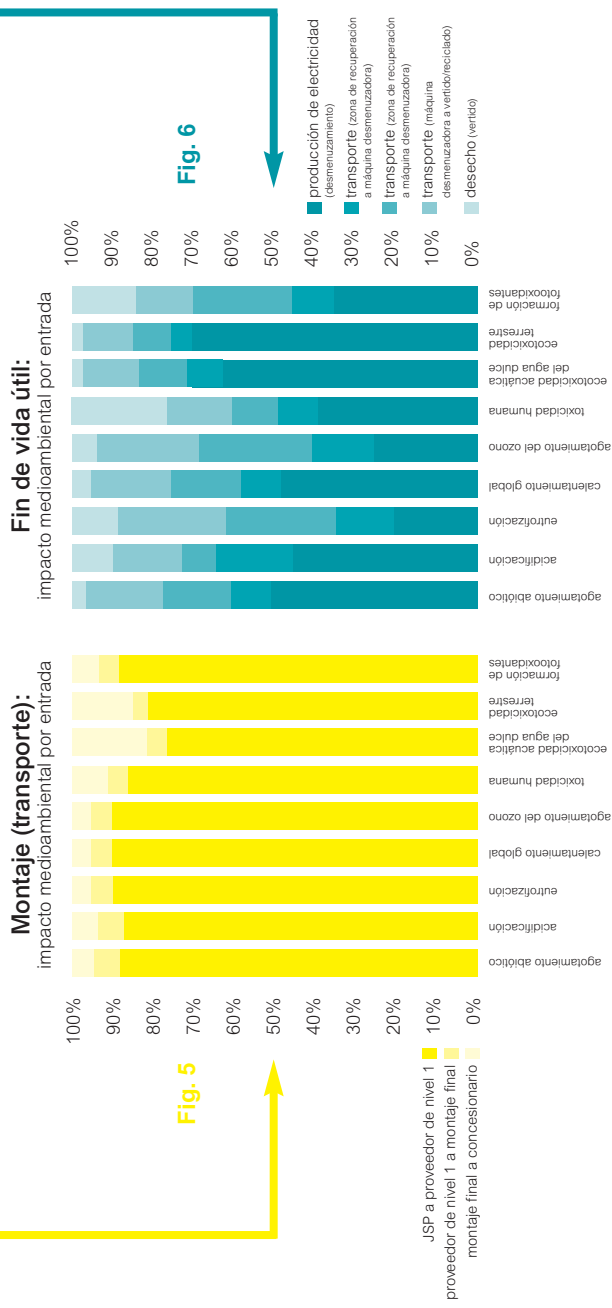


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 3 Fuentes de impacto medioambiental en la producción de ARPRO®

La mayor parte de los impactos potenciales de la producción de ARPRO® en las categorías de agotamiento abiótico y formación de fotooxidantes pueden atribuirse a las entradas de material (polipropileno). Las entradas de material son también el factor de mayor peso en las categorías de acidificación, eutrofización, calentamiento global, agotamiento del ozono, toxicidad humana y ecotoxicidad acuática del agua dulce.

El moldeado es responsable de la mayor parte de los impactos potenciales de la producción de núcleos de asiento de ARPRO® en todas las categorías excepto en agotamiento abiótico y formación de fotooxidantes.

En comparación con las entradas de material y el moldeado, la contribución al impacto potencial total de los demás procesos de fabricación es relativamente pequeña. La producción de ARPRO® tiene un impacto en las categorías de ecotoxicidad acuática del agua dulce, calentamiento global y agotamiento del ozono debido al uso directo de CO₂ en el proceso. Creemos que el uso de CO₂ proporciona hoy por hoy el mecanismo más beneficioso desde el punto de vista medioambiental en todas las densidades disponibles.

Fig. 4 Fuentes de impacto medioambiental en la producción del armazón

La producción del acero del armazón, un proceso que, aunque cada vez es más eficaz, consume una gran cantidad de energía, es el responsable de la mayor parte de los impactos totales en todas las categorías.

La producción del revestimiento del armazón realiza una importante contribución en las siguientes categorías de impacto: agotamiento abiótico, acidificación, eutrofización y oxidación fotoquímica.

El transporte de materias primas a la planta de fabricación realiza una pequeña pero importante contribución al impacto potencial total en la categoría de agotamiento de la capa de ozono.

Fig. 5 Fuentes de impacto medioambiental en el montaje del núcleo de asiento

La mayor parte de los impactos potenciales en todas las categorías están asociados al transporte desde el moldeador a las plantas del proveedor de nivel 1 y de montaje final, de modo que los impactos potenciales en la fase de montaje proceden sobre todo de la producción de gasóleo y las emisiones asociadas a su combustión. Los resultados utilizan promedios ponderados de componentes de producción real y devuelven resultados de impacto "típicos".

Fig. 6 Fuentes del impacto medioambiental al final de la vida útil

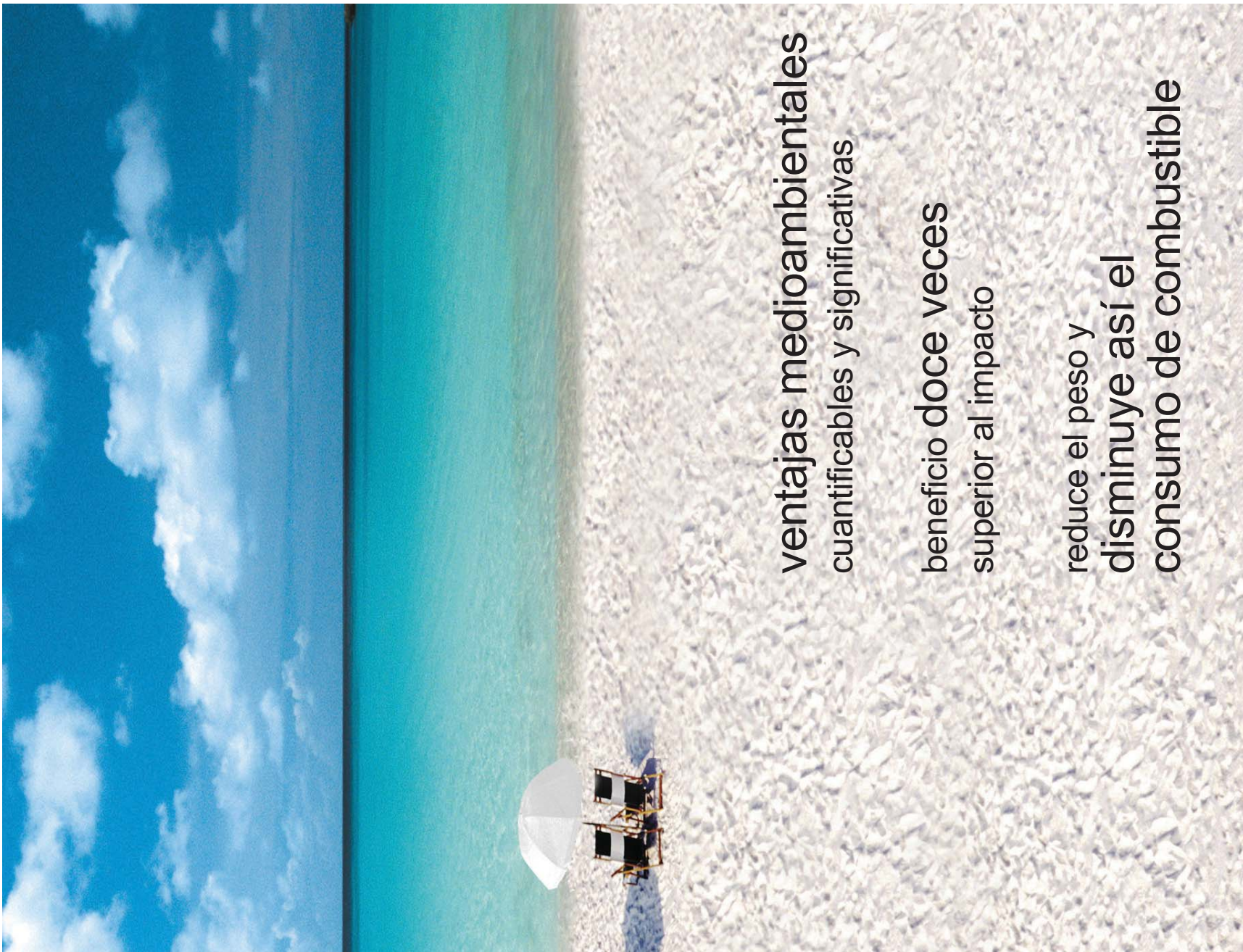
La generación de electricidad para el funcionamiento de la máquina desmenuzadora es responsable de la mayor parte del impacto potencial total en las siguientes categorías: agotamiento abiótico, ecotoxicidad acuática del agua dulce y ecotoxicidad terrestre.

La fase de transporte incluye la recogida de usuario final a zona de recuperación, de la zona de recuperación a la máquina desmenuzadora, y de la máquina desmenuzadora a vertido/reciclado. La producción y combustión de gasóleo genera la mayor parte del impacto potencial en las siguientes categorías: calentamiento global, agotamiento del ozono y formación de fotooxidantes.

El vertido de residuos tiene un importante impacto potencial en términos de eutrofización, toxicidad humana y formación de fotooxidantes. Se utiliza como medida en la LCA del ARPRO® para proporcionar una evaluación en el peor escenario.

No obstante, ARPRO® es un material 100% reciclable, y como tal ofrece un claro beneficio medioambiental potencial en su uso en núcleos de asiento, por ejemplo, cuando los vehículos llegan al final de su vida útil. Este beneficio se aprecia también en el reciclado de productos de acuerdo con las normativas sobre el final de la vida útil (ELV), ya que el desmontaje y la clasificación de las piezas fabricadas sólo con ARPRO® es más sencillo y eficaz. La demanda de un reciclado eficiente de las piezas no metálicas será cada vez mayor a medida que los objetivos de reutilización y recuperación de las normativas sobre el final de la vida útil (ELV) pasen del 85% al 95% del peso del vehículo. El reciclado de ARPRO® al final de la vida útil incrementa aún más su impacto beneficioso sobre el medio ambiente.

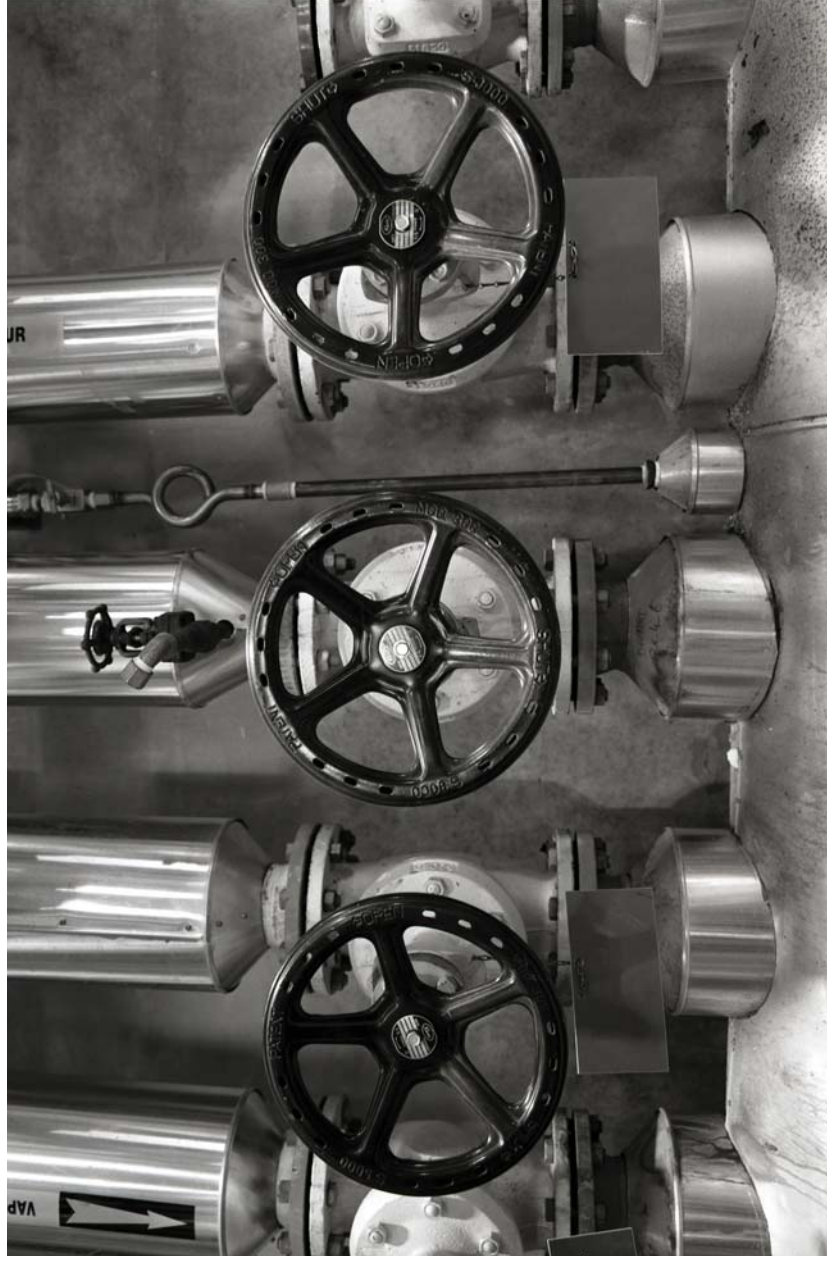




ventajas medioambientales
cuantificables y significativas

beneficio doce veces
superior al impacto

reduce el peso y
disminuye así el
consumo de combustible



acerca de JSP

JSP es el líder mundial en la producción y el desarrollo de ARPRO® y sus aplicaciones. ARPRO®, un producto esencial para las industrias del automóvil, el envasado y los productos consumibles, es resistente, duradero y tiene un peso reducido. Los diseñadores y los ingenieros utilizan ARPRO® como estímulo de su imaginación de cara al desarrollo de nuevas y mejores soluciones www.arpro.com.

JSP, un proveedor realmente global, cuenta con especialistas en aplicaciones que ayudan a sus clientes a incrementar su ventaja competitiva a través del uso innovador de ARPRO®. Actualmente, la compañía cotiza en la bolsa de Tokio. www.jsp.co

© Copyright: JSP Marzo de 2009
Si desea publicar extractos de la LCA del ARPRO®
póngase en contacto con gary.carr@jsp.com

acerca de ERM

Environmental Resources Management (ERM), la consultoría independiente que llevó a cabo la evaluación del ciclo de vida del ARPRO®, es uno de los mayores proveedores mundiales de servicios de consultoría medioambiental. Encontrará más información acerca de ERM en www.erm.com

apéndice

categorías de impacto medioambiental en mayor detalle calentamiento global

Las emisiones de gases tales como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el monóxido de carbono (CO), el óxido nítrico (NO₂) y el hexafluoruro de azufre (SF₆) incrementan la absorción de la radiación infrarroja que rebota en la superficie de la Tierra, contribuyendo así al incremento de la temperatura de la atmósfera.

El IPCC (Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático) ha desarrollado una "unidad de medida", el GWP (potencial de calentamiento global), que puede utilizarse para expresar la contribución potencial de diversos gases al efecto invernadero. GWP es un parámetro relativo que utiliza el CO₂ como gas de referencia. Los factores de caracterización se expresan como Potencial de Calentamiento Global para un horizonte temporal de 100 años (GWP100) en kg de dióxido de carbono equivalentes por kg de emisión.

El incremento de la temperatura global puede causar el incremento de los niveles marinos y la modificación del volumen y el patrón de las precipitaciones. Otros posibles efectos son: incremento en la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, cambios en las cosechas, retroceso de los glaciares, extinción de especies e incremento del espectro de enfermedades.

agotamiento abiótico

Esta categoría de impacto considera la proporción del recurso disponible (en años) para cada materia prima abiótica consumida por las actividades en cuestión y, junto con la contribución de dichas actividades al agotamiento de las existencias conocidas, calcula una medida del agotamiento total en años. Las materias primas extraídas que contribuyen al agotamiento de los recursos se agregan en función de su efecto sobre el agotamiento de los recursos en comparación con las reservas del elemento metálico antimonio (Sb), que se toman como referencia.

acidificación

La acidificación tiene su origen en la deposición de ácidos, que trae como consecuencia:

- (i) un descenso del pH
- (ii) un descenso en el contenido mineral del suelo
- (iii) un incremento en las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos en las aguas subterráneas

Estos efectos tienen su origen en la lluvia ácida y en la deposición seca en aguas y superficies, causada por la producción de los contaminantes gaseosos asociados dióxido de sulfuro (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

Se han desarrollado factores de potencial de acidificación (AP) para gases potencialmente acidificantes como SO₂, NO_x, HCl, HF y NH₃. El AP de una sustancia se calcula a partir del número de iones de hidrógeno que pueden producirse por mol de dicha sustancia, utilizando SO₂ como sustancia de referencia.

La lluvia ácida tiene efectos adversos demostrados sobre bosques, aguas dulces y suelos, matando insectos y formas de vida acuática.

formación de fotooxidantes

La neblina baja contiene irritantes que pueden afectar negativamente a la salud de las personas. Se han desarrollado factores para las emisiones con potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (POCF) que contribuyen a la formación de oxidantes fotoquímicos (neblina). El POCF es una medida de la capacidad para formar ozono en la capa baja de la atmósfera utilizando el etileno como sustancia de referencia. Los impactos se expresan en kg de etileno (C₂H₄) equivalentes.



La neblina es especialmente dañina para ancianos, niños y personas con enfermedades cardíacas y pulmonares tales como enfisemas, bronquitis y asma. Puede inflamar las vías respiratorias, reducir la capacidad pulmonar y causar dificultades respiratorias. También puede causar irritación en ojos y nariz y reducir las defensas del cuerpo, incrementando la probabilidad de contraer enfermedades.

agotamiento del ozono

Los cambios en el ozono de la estratosfera modificarán la cantidad de radiación ultravioleta dañina que alcanza la superficie terrestre, con las correspondientes consecuencias sobre la salud de la población. Se han calculado ODP (potenciales de agotamiento del ozono) para aquellas emisiones que contribuyen al agotamiento de la capa de ozono (p. ej., las de clorofluorocarbonos). Los ODP utilizan CFC-11 o CCl₂F₂ (triclorofluorometano), el primer refrigerante de uso generalizado y con el mayor índice de potencial de agotamiento del ozono, como sustancia de referencia (en kg de CFC-11 equivalentes/emisión). Se cree que la mayor exposición a la radiación ultravioleta debida al agotamiento del ozono trae como consecuencia cáncer de piel, daños a las plantas y reducción de las poblaciones de plancton en los océanos.

toxicidad humana

El indicador de esta categoría de impacto representa el potencial de contaminación del cuerpo humano.

Las mediciones pertenecientes a esta categoría incluyen liberación de metales al aire o al agua, de compuestos orgánicos al agua, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, amoníaco y dióxido de sulfuro.

Se calculan potenciales de toxicidad humana (HTP). Describen el riesgo, la exposición y los efectos de las sustancias tóxicas sobre un horizonte temporal infinito. Los HTP se expresan para cada sustancia tóxica como kg de 1,4-diclorobenceno equivalentes por kg de emisión. El 1,4-diclorobenceno se utiliza como pesticida y desodorante, y es muy conocido su empleo en las bolas de naftalina. Es muy poco soluble en agua, no se descompone con facilidad y se acumula en el tejido adiposo. La IARC (Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer) ha determinado que puede ser razonablemente considerado un agente cancerígeno, puesto que los animales que han consumido agua con altos niveles de esta sustancia han desarrollado tumores en hígado y riñones.

toxicidad acuática del agua dulce/toxicidad terrestre

Las mediciones de la ecotoxicidad representan la cantidad de ecosistemas acuáticos o terrestres potencialmente contaminados hasta su concentración máxima tolerable. Las mediciones obtenidas en esta categoría incluyen la liberación en el agua de metales, no metales y compuestos orgánicos.

eutrofización

La eutrofización tiene su origen en la adición de nutrientes (p. ej. NO_x, nitratos, fosfatos y amoníaco) a un sistema terrestre o acuático que tiene como consecuencia el incremento de la biomasa. Estas sustancias se agregan mediante potenciales de la nitrificación (NP), que son una medida de la capacidad de formar biomasa en comparación con el fosfato (PO₄).

Los cambios en el suministro de nutrientes pueden afectar drásticamente a la "productividad primaria" (exceso de crecimiento de las plantas y degradación), causando una falta de oxígeno y un serio deterioro de la calidad del agua para los peces y otras poblaciones animales.



Bibliografía y fuentes del informe sobre la LCA

SETAC (1993) Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC): Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice". Del taller de la SETAC celebrado en Sesimbra (Portugal) del 31 de marzo al 3 de abril de 1993. Edición 1, Bruselas y Pensacola (Fl)

SETAC (2008): Hunkeler, D.; Rebitzer, G. (Eds): Environmental Life Cycle Costing. SETAC, CRC Press, Boca Raton, Florida

Schmidt W-P y Butt F (2006) Life Cycle Tools en Ford of Europe's Product Sustainability Index International Journal of LCA 11 (5) pág.315-322

Base de datos sobre inventarios del ciclo de vida Ecoinvent (Versión 2), desarrollada por el Centro Suizo para Inventarios del Ciclo de Vida, Suiza.

Directiva ELV del Parlamento Europeo: Una evaluación de la implementación por los Estados Miembros

Jernkontorets Forskning (2007) Looking at Shredding Plant Configuration and Its Performance for Developing Shredding Product Stream – An overview (Report JK 88011 2007-09-03 (ISSN 0280-249X))

ISO 14040 (2006) Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework (Edition 2) International Standard Organisation

ISO 14044 (2006) Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines (Edition 1) International Standard Organisation

<http://www.iso.org>

Declaración de la Agencia Medioambiental sobre residuos desmenuzados (publicada el 1 de febrero de 2005) <http://www.environment-agency.gov.uk>

<http://www.jppowerforrecasting.com>

<http://www.vcacarfueldata.org.uk/>

http://hdrstats.undp.org/countries/country_fact_sheets/city_fs_GBR.html

<http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/pivot.aspx?pivotid=455>

http://www.acea.be/images/uploads/ind/ind_0004.pdf

<http://www.startipp.gr/automobiles-bayern.pdf>

* CO₂(e) es una medición que permite cuantificar el calentamiento global que un determinado tipo de gas de efecto invernadero puede causar, utilizando como referencia la concentración de dióxido de carbono (CO₂) funcionalmente equivalente

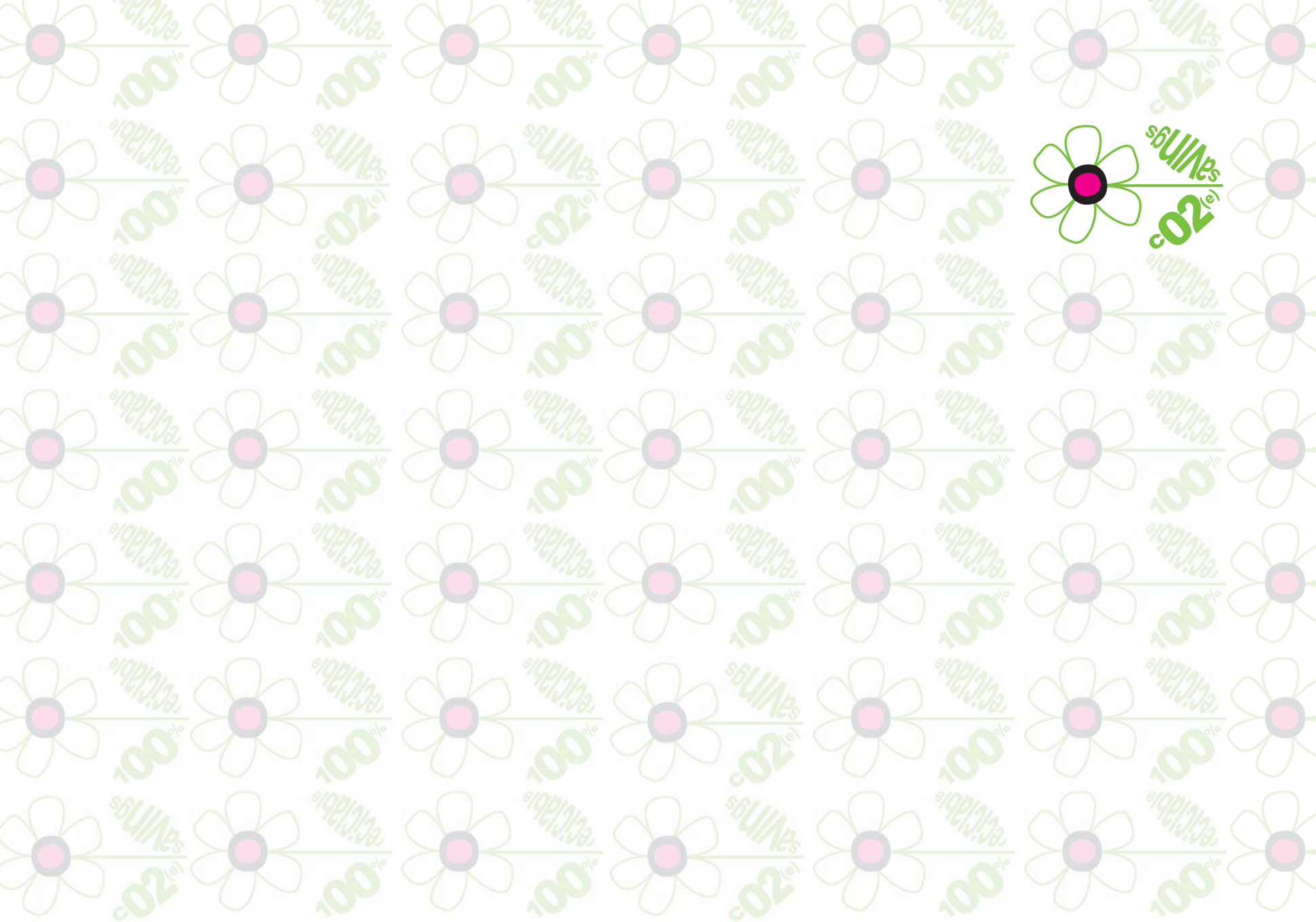
© Copyright: JSP Marzo de 2009



Fuentes mixtas
Una vez haya terminado con esta publicación, recicla. De esta manera contribuirá a reducir el uso de materias primas y beneficiará al medio ambiente.

Una vez haya terminado con esta publicación, recicla. De esta manera contribuirá a reducir el uso de materias primas y beneficiará al medio ambiente.

Num. Cert. CU-COC-009973
www.fsc.org
© 1996 Forest Stewardship Council



Invent
Inspire
Insist **ARPRO[®]**

Mucho más que polipropileno expandido

ARPRO.com

9.- Bibliografía.

FITSA. Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad en el Automóvil.
<http://www.fundacionfitsa.org/>

Jáne. Fabricante de sistemas de retención infantil (SRI) para el automóvil.
<http://www.jane.es/#/internacional>

Chicco. Fabricante de sistemas de retención infantil (SRI) para el automóvil.
<http://www.chicco.es/>

Bebe Confort. Fabricante de sistemas de retención infantil (SRI) para el automóvil. <http://www.bebeconfort.com/>

Maxi Cosi. Fabricante de sistemas de retención infantil (SRI) para el automóvil. <http://www.maxi-cosi.com/ot-en>

Britax. Fabricante de sistemas de retención infantil (SRI) para el automóvil.
<http://www.britax.com/>

Recaro. Fabricante de sistemas de retención infantil (SRI) para el automóvil.
<http://www.recaro.com/>

Fainsa. Fabricante de Asientos de autocares y autobuses. <http://www.fainsa.com/>

Vogel Sietze. Fabricante de Asientos de autocares y autobuses como piezas estándar para ellos. <http://www.vogelsitze.com/>

Arpro. Soluciones de piezas y materiales para los automóviles. <http://www.arproautomotive.com/>

Niels Diffrent. Fabricantes de sillas de oficina y componentes textiles.
<http://www.humanscale.com/>

Ergonomic. Modulo de ergonomía del CatiaV5R19.



CEU

*Universidad
San Pablo*