

DETERMINACIÓN DE LOS REQUISITOS DE **ACCESIBILIDAD**
Y **SEGURIDAD** EN LA **UTILIZACIÓN** DE **CARRITOS** DE NIÑOS
EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO (**ASUCAR**)

CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA
UTILIZACIÓN DE CARRITOS DE NIÑOS EN
VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO



Autores:

Juan Francisco Dols Ruiz
Francisco Aparicio Izquierdo
Enrique Alcala Fazio
Vicente Pons Sendra
Luis Martínez Sáez
Angel Luis Martín López
Beatriz Vallés Fernández

**DETERMINACIÓN DE LOS REQUISITOS DE ACCESIBILIDAD
Y SEGURIDAD EN LA UTILIZACIÓN DE CARRITOS DE NIÑOS
EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO (ASUCAR)**

**CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA
UTILIZACIÓN DE CARRITOS DE NIÑOS EN
VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Autores:

Juan Francisco Dols Ruiz
Francisco Aparicio Izquierdo
Enrique Alcalá Fazio
Vicente Pons Sendra
Luis Martínez Sáez
Ángel Luis Martín López
Beatriz Vallés Fernández



Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional

Primera edición, 2012

© de la presente edición:
Editorial Universitat Politècnica de València
www.editorial.upv.es

Distribución: pedidos@editorial.upv.es
Tel. 96 387 70 12

© Juan Franciso Dols Ruiz
Francisco Aparicio Izquierdo
Enrique Alcalá Fazio
Vicente Pons Sendra
Luis Martínez Sáez
Ángel Luis Marín López
Beatriz Vallés Fernández.

© de las imágenes: los autores

ISBN: 978-84-8363-810-1 (versión impresa)

Esta obra ha sido inscrita en el Registro de la Propiedad Intelectual con fecha 17/02/12. http://dglab.cult.gva.es/li-prop-reg-terr_e.htm

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de sus autores.

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO.....	3
1.2	ESTADO ACTUAL EN ESPAÑA.....	4
1.3	MARCO LEGAL DEL TRANSPORTE DEL CDN.....	6
2	ACCESIBILIDAD DE LOS CDN A VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	11
2.1	CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE CDN.....	11
2.2	ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD AL VEHÍCULO DE TRANSPORTE.....	12
2.2.1	DIMENSIONES DE LOS CDN.....	13
2.2.2	CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA DE UN AUTOBÚS URBANO.....	14
2.2.3	ANÁLISIS DIMENSIONAL DE LOS CDN EN AUTOBUSES URBANOS.....	16
2.3	COMPATIBILIDAD ENTRE SISTEMAS DE RETENCIÓN PARA SDR Y CDN.....	19
3	ESFUERZOS TRANSMITIDOS A LOS CDN DURANTE EL TRANSPORTE.....	21
3.1	ESFUERZOS TRANSMITIDOS EN CONDICIONES DE TRÁFICO URBANO E INTERURBANO.....	21
3.2	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL CDN.....	26
3.2.1	APLICACIÓN DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD AL CARRITO DE NIÑO.....	26
3.2.2	APLICACIÓN DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD Y ACELERACIÓN LATERAL AL CARRITO DE NIÑO	30
3.2.3	APLICACIÓN DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD Y ACELERACIÓN LONGITUDINAL AL CARRITO DE NIÑO.....	35
3.3	SOLICITACIONES EXIGIDAS A LOS CDN Y SISTEMAS DE RETENCIÓN.....	40
4	DISEÑO DE AYUDAS TÉCNICAS PARA LA RETENCIÓN DE CDN EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	44
4.1	DISEÑO DE SISTEMAS DE RETENCIÓN PARA CDN EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE.....	44
4.1.1	SISTEMA DE RETENCIÓN BASADO EN LA MAMPARA ABATIBLE.....	45
4.2	ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS SISTEMAS RETENCIÓN PARA CDN EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE.....	47
4.2.1	PRUEBAS REALIZADAS.....	47
4.2.2	MODULO DE AUTOBÚS.....	48
4.2.3	SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	49
4.2.4	RESULTADOS OBTENIDOS.....	54
4.2.5	ACELERACIONES OBTENIDAS EN EL CARRITO.....	57
4.2.6	ESFUERZOS OBTENIDOS EN LOS CINTURONES (SISTEMA DE RETENCIÓN DEL CDN).....	57
4.2.7	CRITERIO DE LESIÓN EN CABEZA (HIC).....	59
4.2.8	CONCLUSIONES.....	61
4.3	VALIDACIÓN DEL MODELO TEÓRICO DE SIMULACIÓN.....	62
4.3.1	COMPARACIÓN ENSAYO CIRCULAR.....	62
4.3.2	COMPARACIÓN ENSAYO FRENADA.....	65
4.3.3	CONCLUSIONES.....	67

5	PROPUESTA DE UN CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS.....	68
5.1	BUENAS PRÁCTICAS PARA LAS EMPRESAS OPERADORAS DE SERVICIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO.	68
5.1.1	RECOMENDACIONES SOBRE EL ESPACIO PARA CDN PLEGADOS	
5.1.2	RECOMENDACIONES SOBRE EL TRANSPORTE DE CDN DESPLEGADOS	
5.2	BUENAS PRÁCTICAS PARA LOS FABRICANTES DE CDN.....	72
5.3	BUENAS PRÁCTICAS PARA LOS USUARIOS DE LOS CDN.	72
5.4	FICHA RESUMEN DEL CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS.....	73
6	BIBLIOGRAFÍA.....	75

CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA UTILIZACIÓN DE CARRITOS DE NIÑOS EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

1 Introducción.

1.1 Objetivos Generales del Proyecto.

El uso de los transportes públicos y privados constituye hoy en día un derecho fundamental en la movilidad de todos los ciudadanos. No obstante, el colectivo de personas con movilidad reducida (PMR), entre los que se encuentran no sólo las personas discapacitadas que temporal o permanentemente se desplazan con muletas o sillas de ruedas, sino también las personas mayores y las que se desplazan con carritos de niños, encuentran todavía en la actualidad importantes dificultades en el acceso a los servicios de transporte público, así como una merma en las condiciones de seguridad en sus desplazamientos. Debido a la inexistencia de una normativa clara y eficaz que determine las condiciones técnicas de accesibilidad y seguridad en las que se tienen que basar las empresas operadoras de servicios de transporte público, así como los colectivos de usuarios implicados, el desplazamiento de carritos de niños en el interior de vehículos de transporte genera un problema de inseguridad no resuelto hasta la fecha por parte de las administraciones y organizaciones implicadas.

La presente publicación se ha realizado a partir de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación “DETERMINACIÓN DE LOS REQUISITOS DE ACCESIBILIDAD Y SEGURIDAD EN LA UTILIZACIÓN DE CARRITOS DE NIÑOS EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO” (ASUCAR), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, dentro del Programa de Proyectos de Estímulo a la Transferencia de Resultados de Investigación (PETRI) (PET2008_0328_01 y PET2008_0328_02), y orientado a **garantizar la accesibilidad y seguridad de los niños en sus carritos a los autobuses de transporte público**.

El proyecto de transferencia tecnológica ASUCAR ha sido coordinado por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), a través del grupo de investigación de Ingeniería de Vehículos Adaptados y Transportes (GIVAT) adscrito al Instituto de Diseño y Fabricación (IDF), que además lideró un sub-proyecto enfocado hacia el análisis de la accesibilidad y funcionalidad del transporte de carritos de niños, y en el mismo también ha participado el Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA) adscrito a la Universidad Politécnica de Madrid, que lideró un segundo sub-proyecto enfocado hacia la seguridad, diseño y validación teórico-experimental de los sistemas de retención para los carritos de niños. Como empresas beneficiarias de los resultados obtenidos, han colaborado en su desarrollo la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT Madrid) y la Empresa Municipal de Transportes de Valencia (EMT Valencia).

El objetivo principal del proyecto ha consistido en **garantizar la accesibilidad y seguridad de los niños en sus carritos a los autobuses de transporte público**. Como objetivos secundarios se pretendía durante la realización del proyecto analizar las condiciones de accesibilidad de los carritos de

niños (CdN) a los diferentes tipos de vehículos (acceso y desplazamientos en el interior del habitáculo, espacios disponibles, sistemas de retención, etc.), estudiar y definir las necesidades de utilización de sistemas de retención para los carritos y sus ocupantes (en su caso) y analizar la resistencia estructural de los actuales modelos de carritos de niños.

Entre los resultados finales obtenidos, cabe destacar el diseño y desarrollo de un nuevo sistema de retención para asegurar que los carritos de niños puedan utilizarse de la forma más universal posible, y en todo tipo de vehículos de transporte público, así como la definición de un “*Código de Buenas Prácticas para el Transporte de Carritos de Niños en Vehículos de Transporte Público*”, que podrá servir como base científico-tecnológica para el desarrollo de normativas de seguridad relacionadas con este colectivo.

1.2 Estado Actual en España.

Desde hace ya bastante tiempo tanto desde los colectivos de usuarios como desde las propias empresas operadoras de transportes, se plantea un serio problema a la hora del desplazamiento en autobús de niños y bebés en sus carritos, al no existir una normativa clara que asegure tanto la accesibilidad y seguridad del niño como la del resto de pasajeros. Salvo algunas recientes excepciones, como son las normas promovidas por el Gobierno de la Comunidad de Madrid (RD 1/2008), y de los ayuntamientos de San Sebastián (2001), Bilbao (2007) y Terrassa (2005), no existen en España a nivel nacional disposiciones normativas que regulen de forma clara el transporte de este tipo de usuarios. Incluso en los casos mencionados, los reglamentos de transporte sólo se centran en aspectos como la prioridad del transporte entre sillas de ruedas y carritos de niños, el número de plazas reservadas o la puerta por la que tienen que acceder, dejando totalmente abierta toda regulación en materia de accesibilidad dimensional al y en el interior del habitáculo, así como de las condiciones de seguridad del transporte.

En el ámbito institucional, el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales ya se hizo eco de esta problemática en el ACCEPLAN (Plan de accesibilidad 2003-2010). En el Libro Blanco titulado “*Por un nuevo paradigma, el Diseño para Todos, hacia la plena igualdad de oportunidades*”, se presentó la encontrada en autobuses urbanos. Como problema principal se indicaba en el mismo “*la relación entre la acera y el vehículo. Disponibilidad de sistemas fáciles y cómodos de embarque para todo tipo de usuarios*”. Como problema complementario destacaba el relacionado con la ausencia de “*espacio, disposición y anclajes para sillas de ruedas o carritos de niño en los vehículos*” y dentro de los aspectos sociales e institucionales la inexistencia de “*normas de acceso de carritos de niño*” (MTAS, 2003b).

El aumento de autobuses de piso bajo con espacios destinados para la ubicación y fijación de pasajeros en silla de ruedas está resolviendo parte de la problemática indicada anteriormente. Sin embargo no se ha avanzado en el tema de los carritos de niño por lo que, dentro de las propuestas más relevantes para autobuses urbanos, el Libro presentaba como puntos abiertos:

- La redacción de una “*recomendación técnica sobre criterios mínimos para el diseño interior de los autobuses en aspectos como la información al viajero, la compra y validación de vehículos de transporte o la localización y anclaje de sillas de ruedas y carritos*”, así como
- Una “*guía de buenas prácticas de acceso de carritos de niño, carritos de compra, bicicletas y bultos a los autobuses*”.

También en el Libro Verde de la Accesibilidad en España (IEE, 2002), se apuntaba la inquietud por el problema con los carritos de los bebés durante el trayecto en un autobús, indicando que el tema debería ser estudiado con profundidad y regulado.

Finalmente se puede afirmar que la situación actual en España con la utilización de los carritos de niños en vehículos de transporte público es similar a la planteada hace unos años con el transporte de personas de movilidad reducida (PMR) que se desplazan en sillas de ruedas (incluido ya en reglamentación). Actualmente no existe normativa estatal en materia de seguridad en relación con la retención de carritos de niños en el transporte público (salvo, excepcionalmente, algunas recomendaciones muy limitadas al ámbito de las CC.AA.), ni están definidos los niveles de esfuerzos a los que podría verse sometido un carrito y su pasajero dentro de un autobús (ya sea libre o retenido), ante condiciones normales de funcionamiento derivadas de maniobras normales o bruscas del vehículo, o interferencias/colisiones con otros pasajeros o elementos del habitáculo, y mucho menos en caso de colisión frontal o lateral, así como no existen espacios protegidos y/o sistemas de retención del carrito/ocupante específicos para este tipo de transporte.

En consecuencia, ante esta carencia reguladora, y como una de las fases iniciales de estudio en el proyecto ASUCAR, se llevó a cabo un análisis estadístico pre-competitivo de las condiciones de accesibilidad y seguridad de los CdN a los vehículos de transporte público (principalmente autobuses) utilizados actualmente en España, mediante la realización de encuestas a empresas, públicas y privadas, operadoras de sistemas de transporte urbano. Las cuestiones más relevantes trataban de definir fundamentalmente los parámetros y situaciones relacionadas con la forma en la que el carrito accedía al vehículo (plegado/desplegado), el número de carritos permitido, la/s puerta/s de acceso al autobús, la ubicación y requerimientos de espacio, la utilización de sistemas de retención, etc.

El estudio se llevó a cabo con la colaboración de la Asociación de Transportistas Urbanos y de Carretera (ATUC), y del mismo se analizaron las respuestas de 44 empresas operadoras de transporte de toda España. Las principales conclusiones obtenidas en el mismo se resumen a continuación.

- **Seguimiento de la Normativa.** Los resultados obtenidos demostraron que un 32% de las empresas operadoras de transporte analizadas utilizaban una norma de ámbito municipal, mientras que un 27% aplicaban normativas internas, un 11% normativa de ámbito autonómico y un 30% de las empresas no aplicaban ningún tipo de norma.
- **Posibilidad de que el CdN vaya Desplegado:** Un 45% de las empresas permiten que el carrito pueda viajar desplegado en el interior del habitáculo del autobús, mientras que un 32% lo prohíben. Un 23% de las empresas no contestaron a la pregunta.
- **Numero de CdN Permitidos en el Autobús:** Los resultados mostraron que la mayoría de empresas (un 41%), no especifican el número de carritos de niños cuyo acceso al autobús está permitido. Un 34% permiten llevar 2 carritos y un 25% solo un carrito.
- **Tipos de Autobuses donde se admiten CdN:** La mayoría de las empresas encuestadas, un 66%, no especificaron la tipología de autobus donde puede subir un CdN. El resto (34 %) solo permiten el acceso de los carritos si éstos se ubican en los espacios habilitados para la SdR.
- **Prioridad de Ocupación de los Lugares reservados para SdR:** Un 23% de las empresas encuestadas dan prioridad a las SdR sobre los CdN. El resto (77 %) no especifican quien tiene prioridad. Según los informes internos de las empresas, los casos en que coinciden SdR y CdN en el mismo autobus son muy esporádicos.

- **Acceso al habitáculo del vehículo:** La puerta de Entrada suele ser preferiblemente la delantera, aunque se permite la Entrada por la puerta central sin estar permitida la utilización de la rampa. La Salida se suele efectuar por la puerta central o trasera. La posición del CdN suele ser siempre paralela al eje longitudinal del vehículo y en sentido contrario a la marcha.
- **Frenado del Carrito:** Un 75% de las empresas consultadas no proporcionan ninguna indicación sobre la obligatoriedad de frenado del CdN, mientras que el 25% restante, sí obligan al frenado del carrito durante el transporte (ya que éste se transporta desplegado).
- **Carrito Tandem:** Solo un 18% de las empresas encuestadas prohíben explícitamente el acceso al autobús de carritos de tipo Tandem (para gemelos).

Como resumen al estudio de mercado realizado se puede concluir que existe la tendencia a permitir que el carrito se pueda utilizar desplegado, aunque mayoritariamente sólo si existen lugares habilitados para SdR en el interior del habitáculo. Normalmente las SdR tienen preferencia sobre los CdN, y el número de carritos desplegados permitidos es casi siempre de dos, igual al número de lugares reservados para SdR (aunque hay también compañías que solo permiten un carrito desplegado). Sólo un 18% de las empresas prohíben el acceso de carritos dobles o tandem. Un 30% de las empresas operadoras de transportes no aplican ninguna normativa y dejan a criterio del conductor la elección de si el CdN ha de subir al autobús o no. La mayoría de las empresas (59 %) siguen alguna reglamentación de ámbito local o interno.

1.3 Marco Legal del Transporte del CdN.

Como consecuencia del vacío normativo existente actualmente en relación a la utilización de carritos de niños en vehículos de transporte, se realizó un estudio comparativo de la normativa aplicable a nivel nacional e internacional sobre las condiciones de accesibilidad y seguridad que afectan al transporte de usuarios en sillas de ruedas, que constituyen el colectivo de personas de movilidad reducida más parecido a los carritos de niños, y cuyas condiciones y características técnicas son muy similares, tanto para los sistemas de transporte en general, como los autobuses en particular. Este análisis comparativo se muestra en las Tabla 1 y 1.2, donde se resumen las características técnicas más importantes que afectan a los vehículos que deben ser accesibles a los usuarios de SdR, y por extensión a los CdN. Y todo ello referido a los ámbitos nacional, comunitario y extracomunitario.

Entre las características más destacables del análisis normativo destacan parámetros como el número de plazas reservadas a PMR, el número de puertas accesibles a los usuarios de SdR, dimensiones de las puertas (anchura y altura), requerimientos de espacio reservado a la SdR, etc. Todas las conclusiones que pueden derivarse del estudio de la accesibilidad, y por extensión de la seguridad, en la utilización de sillas de ruedas en sistemas de transporte público de pasajeros, son extensibles a la utilización de carritos de niños, de ahí el interés en definir estas características que, como veremos a lo largo del presente texto, son aplicables a los dos colectivos de usuarios.

Norma	Número de asientos reservados para PMR sin SdR.	Numero de puertas de acceso al vehículo para SdR	Anchura de las puertas de acceso al vehículo para SdR (mm)	Altura de las puertas de acceso al vehículo para SdR (mm)	Anchura Pasillo
Normativa Nacional					
UNE 26494:2004 (9 plazas máximo) ESPAÑA			700	1300	
Real Decreto 1544/2007 (capacidad superior a 9 plazas, piso bajo clase I) ESPAÑA	4 (no en pasos de rueda)		900		
IMSERSO y comunidades autónomas. (piso bajo clase II o B) ESPAÑA	2 (Clase II) 1 (Clase B) (no en pasos de rueda)	2001/85/CE Anexo VII	1000	2001/85/CE Anexo VII	800
Decreto 135/1995 CATALUÑA			1200		900
Decreto 13/2007 MADRID	1				
Decreto 19/1999 ARAGÓN	2		1100		900
Decreto 35/2000 GALICIA	3		1200		
Decreto Foral 57/1990 NAVARRA	3				
Decreto 126/2001 PAÍS VASCO	4				
Reglamento de Transporte DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	4 (bus 12 metros) 6 (bus 18 metros)				
Normativa Comunitaria					
Directiva 2001/85/CE	4 (Clase I) 2 (Clase II y III) 1 (Clase A)	1	900	1400	
DIN 75078-1 (9 plazas máximo) ALEMANIA		2	900	1200	
NFR 18 802/3:1984 (9 plazas máximo) FRANCIA		2	900 primera 800 segunda	1500 primera 1350 segunda	
XP R 18-804-1 (9 plazas máximo) FRANCIA		1 (si 1 SdR) 2 (si 2 SdR)	800		
TPRFS 1985:10 REINO UNIDO		1	700 (< 9 plazas) 800 (> 9 plazas)	750	
VSE 87/1 (> 9 plazas) REINO UNIDO		1	750	800	
PSVAR (> 22 pasajeros) REINO UNIDO	4 en general		800		750
DPTAC (9 a 22 pasajeros) REINO UNIDO	2 orientados hacia delante		800		750
Normativa Extracomunitaria e Internacional					
Disability Standards for Accessible Public Transport AUSTRALIA				1400	
Americans with Disabilities Act (ADA) EEUU				1800	
Decreto 914/1997 ARGENTINA		1	900		800

Decreto 122 CHILE		2	700 puerta simple 1100 puerta doble	1900 (mayor 26 asientos)	
-------------------	--	---	--	-----------------------------	--

TABLA 1. RESUMEN DE ACCESIBILIDAD PARA USUARIOS DE SdR. PARÁMETROS I.

Norma	Numero de espacios reservados para usuarios de SdR	Longitud del espacio reservado para usuario de SdR	Anchura del espacio reservado para usuario de SdR	Altura del espacio reservado para usuario de SdR	Posición de la SdR
Normativa Nacional					
UNE 26494:2004 (9 plazas máximo) ESPAÑA		1200	700	1400 (50 mm sobre la cabeza como mínimo en transporte privado)	Longitudinal al eje del vehículo
Real Decreto 1544/2007 (capacidad superior a 9 plazas, piso bajo clase I) ESPAÑA	1	1300	750		Longitudinal al eje del vehículo. Mirando hacia detrás.
IMSERSO y CC.AA. (piso bajo clase II) ESPAÑA	1	1300	800	2001/85/CE Anexo VII	Longitudinal al eje del vehículo. Mirando hacia detrás.
Decreto 13/2007 MADRID	1				
Decreto 126/2001 PAÍS VASCO	2				
Reglamento de Transporte de DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	2				
Normativa Comunitaria					
Directiva 2001/85/CE	2	1300	750	1300 (Clase I y A) 900 (Clase II)	Longitudinal al eje del vehículo.
DIN 75078-1 (9 plazas máximo) ALEMANIA	1	1300	900	1450	
NFR 18 802/3:1984 (9 plazas máximo) FRANCIA	1			1550 norma 802 1750 norma 803	
XP R 18-804-1 FRANCIA	1	1150	700	1300	
TPRFS 1985:10 REINO UNIDO	1	1300	800	1450 (menor 9 plazas) 1800 (mayor 9 plazas)	
VSE 87/1 (> 9 plazas) REINO UNIDO	1	900 (1200 recomendado)	500 (700 recomendado)	1500	
TRL REINO UNIDO		1750 (M1 y M2) 1600 (M3)	750	1500	Longitudinal al eje del vehículo
PSVAR (mayor 22 plazas) REINO UNIDO	4 en general	1300	750	1500	Longitudinal al eje del vehículo
DPTAC (9 a 22 plazas) REINO UNIDO	1	1300	750		Longitudinal eje vehículo. Contrario marcha.
Normativa Extracomunitaria e Internacional					

Disability Standards for Accessible Public Transport AUSTRALIA	2 (mayor 32 plazas) 1 (menos 33 plazas)	1300	800		Longitudinal al eje del vehículo. Mirando hacia delante.
Americans with Disabilities Act (ADA) EEUU				1800	
ANSI/RESNA EEUU		1300	700		
CSA D409:2002 CANADA		1115	685		
Decreto 914/1997 ARGENTINA	2				Longitudinal al eje del vehículo. Mirando hacia delante.
Resolución 166/2000 ARGENTINA	1	1250			
Decreto 122 CHILE	1 (autobuses de más de 11 metros)	1400	900		Longitudinal al eje del vehículo.

TABLA 2. RESUMEN SOBRE ACCESIBILIDAD PARA USUARIOS EN SdR. PARÁMETROS II.

Del mismo modo, en la siguiente Tabla 1.3 se presentan las características técnicas relacionadas con las diferentes normativas de ámbito local o autonómico que determinan las condiciones de accesibilidad de los usuarios de CdN a los autobuses de transporte público. En esta normativa, más específica y de un ámbito más local o regional, se mencionan parámetros técnicos como pueden ser el modo en que el carrito accede al habitáculo, el número de carritos permitido, la/s puerta/s de acceso al vehículo, su ubicación en el interior del mismo, los requerimientos de espacio, etc. Respecto a la normativa **comunitaria e internacional** no se han encontrado normas relevantes sobre la accesibilidad de los CdN a los autobuses, lo que viene a justificar en cierta forma, la necesidad de desarrollar algún tipo de guía de utilización, o código de buenas prácticas, que permita servir como base para el desarrollo futuro de la normativa relacionada con este tipo de transporte.

Norma	Modo Plegado o desplegado	Nº carritos permitidos	Puerta Acceso	SdR prioritaria	Posición Carrito	Otros
RESOLUCIÓN de 8 de febrero de 2007 MADRID	Desplegado (hasta 3 años)		Entrada puerta delantera y excepcionalmente puerta central/trasera Salida puerta central/trasera		Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR Tandem prohibido.
DECRETO 1/2008, de 17 de enero MADRID	Desplegado (hasta 3 años)		Entrada puerta delantera y excepcionalmente puerta central/trasera Salida puerta central/trasera		Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR Tandem prohibido.
Orden de la Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio MURCIA	Desplegado (hasta 3 años)	2	Entrada puerta delantera y excepcionalmente puerta central/trasera Salida puerta central/trasera	Si	Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR Tandem permitido.
Reglamento del Servicio TERRASSA	Desplegado (autobuses plataforma baja)			Si	Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Ubicadas en plataforma central.

Reglamento del Servicio PALENCIA	Plegados preferiblemente	Igual al N° de lugares reservados a SdR		Si		Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR
Reglamento de Transporte SAN SEBASTIÁN	Desplegados	2	Entrada por segunda puerta. Sin accionar rampa.	Si	Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Ubicados en plataforma central.
Reglamento de Viajeros CATALUÑA	Plegados preferiblemente					Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR
Normativa Transporte Urbano SALAMANCA	Desplegado en autobuses piso bajo (hasta 3 años)		Entrada puerta central.		Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR Sino plegado.
Reglamento de Usuarios Bilbobus BILBAO	Desplegado en autobuses piso bajo (hasta 4 años)	2	Entrada puerta delantera. Sin rampa.	Si	Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR Sino plegado.
Reus Transport REUS	Desplegado		Entrada puerta central. Sin rampa.		Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Permitidos en autobuses con lugares habilitados para SdR Sino plegado.
Normativa de Uso Guaguas LAS PALMAS	Plegado		Entrada puerta delantera			
Reglamento EMT VALENCIA	Preferiblemente plegado		Entrada puerta delantera			Tándem permitido con rampa
Reglamento de Prestación del Servicio SEVILLA	Desplegado en autobuses piso bajo (hasta 3 años) Plegado en zona SdR.				Longitudinal en sentido contrario a la marcha. Freno activado.	Plataforma central en lugares habilitados para SdR Tándem no permitido.
Directiva 2001/85/CE CEE		2 asientos			Longitudinal	Plataforma central en lugares habilitados para SdR

TABLA 3. NORMATIVA DE ÁMBITO NACIONAL SOBRE ACCESIBILIDAD DE CdN EN AUTOBUSES PÚBLICOS.

2 Accesibilidad de los CdN a Vehículos de Transporte Público.

En el presente capítulo se analizan las características de accesibilidad de los CdN a los vehículos de transporte público, estudiando primero las cualidades estructurales de los mismos, y en segundo lugar las características constructivas del interior del habitáculo de las diferentes tipologías de autobuses. Finalmente se mostrará un resumen de los sistemas de retención de SdR que pueden ser válidos y compatibles para su utilización por parte de los CdN. El objetivo del capítulo no es otro que el mostrar las condiciones geométricas y dimensionales con las que las diferentes tipologías de carritos se encuentran a la hora de acceder a otros tantos diseños de interiores de vehículos de transporte público de pasajeros. De su conocimiento podremos concluir las compatibilidades dimensionales entre unos y otros.

2.1 Clasificación de los Tipos de CdN.

Entre la infinidad de métodos posibles para realizar una clasificación de los diferentes tipos de CdN, vamos a agrupar todas las alternativas en grupos que tengan que ver con parámetros de accesibilidad, en relación a su utilización en vehículos de transporte. Entre los parámetros que mejor pueden caracterizar la forma y estructura de los CdN, encontramos: la tipología del bastidor-chasis (Tabla 4), el tipo de ruedas (Tabla 5), el tipo de vía (anchura entre las ruedas de los ejes) (Tabla 6), el tipo de empuñadura (Tabla 7), el tipo de capazos o sillas que se montan sobre la estructura (Tabla 8) y la forma de plegado del chasis (Tabla 9). Las siguientes tablas muestran las diferentes formas de agrupar a los diferentes modelos de CdN según estos criterios.

		
TRIANGULO RECTÁNGULO	CHASIS tipo λ	BARRA TELESCÓPICA

TABLA 4. TIPOS DE CHASIS EXISTENTES EN LOS CDN.

		
MACIZAS	MULTIRADIO	RADIOS

TABLA 5. TIPOS DE RUEDAS EXISTENTES EN LOS CDN.



TABLA 6. TIPOS DE VÍA EXISTENTES EN LOS CDN.



TABLA 7. TIPOS DE EMPUÑADURAS EXISTENTES EN LOS CDN.



TABLA 8. TIPOS DE ELEMENTOS SOBRE LA ESTRUCTURA DE LOS CDN.

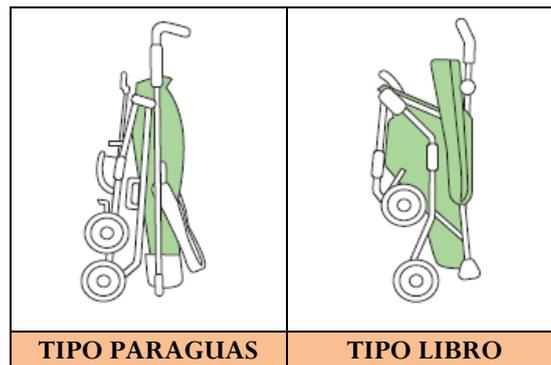


TABLA 9. TIPO DE PLEGADO DEL CHASIS EN LOS CDN.

2.2 Análisis de la Accesibilidad al Vehículo de Transporte.

En el presente apartado se realiza un análisis, desde el punto de vista dimensional, de las características constructivas de diferentes tipos de autobuses utilizados en la actualidad, atendiendo a variables como las dimensiones y espacios en el habitáculo de pasajeros, el número y ubicación de las puertas de acceso

al vehículo, etc. Existen básicamente dos modos de transportar al carrito del niño en el interior del autobús. La primera será considerando al CdN desplegado como asiento cuando el vehículo está en marcha, para lo cual se deberán de analizar las zonas disponibles dentro del habitáculo para ubicar el carro, y en consecuencia, la necesidad de utilizar un sistema de retención o no. La segunda modalidad permitirá el acceso y transporte del carrito plegado, para lo cual se deberá determinar una zona dentro del habitáculo en la que se deberá depositar el carrito, mientras el niño viajará en brazos del adulto que lo acompañe.

2.2.1 Dimensiones de los CdN.

Para establecer unos gálibos dimensionales representativos de los espacios mínimos y máximos que pueden ocupar los carritos de niños, tanto plegado como desplegado, se han realizado ensayos “in-situ”, en colaboración con las entidades participantes en el proyecto, para la caracterización de los carritos de niños existentes en el mercado.

Para la determinación de un gálibo dimensional representativo, se van a tomar las medidas correspondientes a las sillas de paseo o silla modular; pues teniendo en cuenta la vida de uso de un carrito, se considera que esta es la tipología más utilizada, ya que:

- El uso del carrito con elemento capazo se realiza sólo durante los primeros meses o como máximo hasta los 10 kg o hasta los 76 cm.
- El uso de la silla de coche se suele limitar a su colocación de forma permanente en el vehículo privado.

En las siguientes figuras se muestran los gálibos máximos y mínimos, con las cotas obtenidas a partir de las medidas realizadas a los CdN existentes en el mercado. Estos gálibos se han clasificado en función del tipo de carrito a utilizar, es decir, silla de paseo o silla gemela o Tándem. Para los carritos desplegados tenemos la Figura 1.

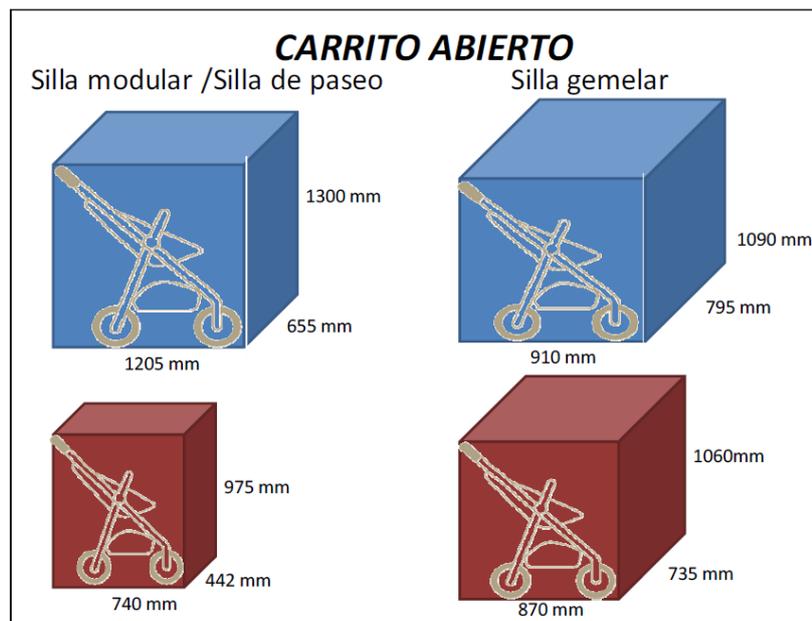


FIGURA 1. GÁLIBOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS CdN DESPLEGADOS.

Los gálibos máximos y mínimos para los carritos plegados se muestran en la Figura 2:

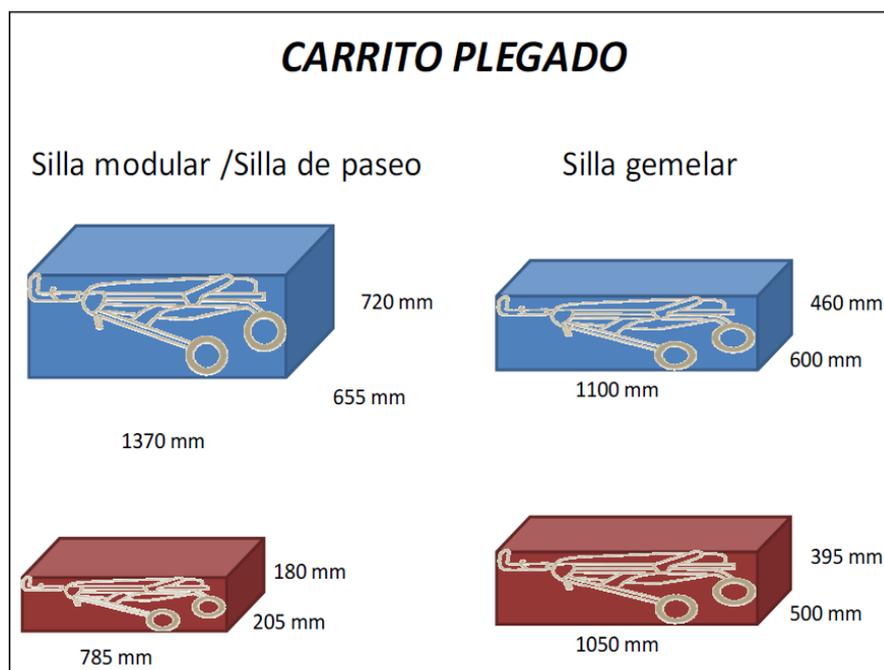


FIGURA 2. GÁLIBOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS CdN PLEGADOS.

2.2.2 Caracterización de la Planta de un Autobús Urbano.

En la caracterización de la planta de un autobús urbano se han definido una serie de configuraciones tipo de autobuses, con las cotas máximas y mínimas de anchura de pasillo, puertas y espacio reservado para sillas de ruedas. Para la definición de las configuraciones tipo de planta de autobús urbano se han utilizado 77 planos correspondientes a autobuses urbanos, homologados por el INSIA-UPM. Para realizar la clasificación de los diferentes tipos de de configuraciones se ha utilizado la siguiente denominación:

N1-N2-L

Donde **N1** se corresponde con el número de puertas del autobús, **N2** se corresponde con el número de espacios reservados para usuarios en sillas de ruedas, y **L** representa una referencia alfabética que define las diferentes alternativas, ordenadas en orden alfabético. En la Tabla 10 podemos observar diferentes plantas de autobuses urbanos con sus cotas más representativas.

2-1-a		Amin=540 Bmin=540 Cmin=1230	Amax= 560 Bmax=560 Cmax=1440
2-1-b		Amin=650 Bmin=500 Cmin=1340	Amax= 750 Bmax=580 Cmax=2225
2-1-c		Amin=800 Bmin=500 Cmin=1300	Amax= 900 Bmax=560 Cmax=2130
2-2-d		Amin=800 Bmin=500 Cmin=2670	Amax= 890 Bmax=560 Cmax=2930
3-1-e		Amin=850 Bmin=520 Cmin=1260 Fmin=1100	Amax= 1400 Bmax=560 Cmax=2530 Fmax=1240
3-1-f		Amin=700 Bmin=520 Cmin=1270 Fmin=1100	Amax= 950 Bmax=560 Cmax=1440 Fmax=1240
3-2-g		Amin=585 Bmin=450 Cmin=2530 Fmin=660	Amax= 895 Bmax=560 Cmax=2780 Fmax=1240

TABLA 10. CONFIGURACIONES VARIAS DE PLANTA DE AUTOBÚS URBANO

Existen dos configuraciones más de la planta de un autobús que conviene mencionar. La primera sería la del **Reglamento 107 Revisión 3** relativo a la homologación de los vehículos de las categorías M2 y M3. La segunda es la configuración en planta de uno de los autobuses utilizados en los ensayos y que se corresponde con la más adecuada para el transporte de niños ya que tiene una sillita de bebés incorporada. Podemos ver las dos configuraciones en la Tabla 11.

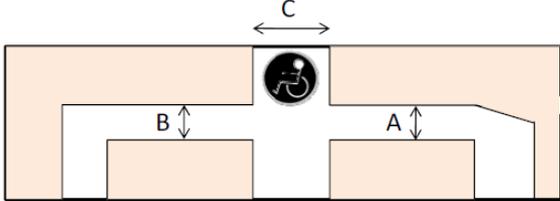
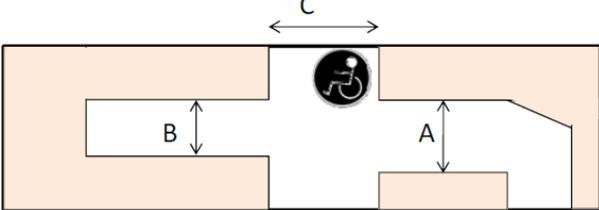
<p>Reglamento 107</p>	 <p>A=B=450 mm C=1300 mm</p>
<p>Autobús Ensayos</p>	 <p>A=895 mm B=520 mm C=1820 mm</p>

TABLA 11. CONFIGURACIONES DEL REGLAMENTO 107 CEPE Y DEL AUTOBÚS UTILIZADO EN LOS ENSAYOS.

2.2.3 Análisis Dimensional de los CdN en Autobuses Urbanos.

Para la realización del análisis dimensional de los CdN en los autobuses urbanos, se ha superpuesto los gálibos desarrollados en dos dimensiones del apartado 2.2.1, sobre las distintas plantas de autobús del apartado 2.2.2. De esta forma, se pretende comprobar si es posible el paso del CdN desde la primera puerta hasta la zona acondicionada para la colocación de los carritos, es decir la zona reservada para el usuario en su silla de ruedas. También se pretende determinar el número mínimo de CdN que se pueden colocar en la zona acondicionada, teniendo en cuenta si hay o no, una PMR en su silla.

En la Tabla 12 se realiza un resumen sobre el paso del CdN desde la primera puerta hasta la zona acondicionada para su ubicación. No se considera la configuración de planta de autobús urbano con las cotas mínimas permitidas por el Reglamento 107 Revisión 03, porque es una configuración virtual utilizada para el caso más desfavorable, que se podría plantear desde el punto de vista normativo, aunque como se ha comprobado, no hay ningún autobús con la medida mínima de pasillo. Los gálibos seleccionados para esta son los de las sillas modulares, por tener las medidas más grandes.

Como se puede observar en la tabla 2.9, todos los gálibos de mínimo volumen, que se corresponden con las cotas mínimas de una silla de paseo, pueden pasar por el pasillo que une la puerta del conductor con la zona acondicionada para la colocación de carritos desplegados.

Si tenemos en cuenta que el volumen máximo de una silla de paseo con chasis tipo triángulo rectángulo es de 900 x 510 x 1080 mm., se puede considerar que todas las sillas de paseo con este tipo de chasis pueden acceder a este pasillo, pues ni en la configuración 2-1-a, ni en la configuración 2-1-b, habría solape.

En el caso de una silla de paseo con chasis tipo λ , el volumen máximo es de 1035 x 595 x 1070 mm., por lo que existe solape con el ancho del primer pasillo en el caso de la configuración 2-1-a, aunque se puede comprobar que el 80% de las sillas de paseo con chasis tipo λ analizadas pueden acceder a este pasillo. En el resto de configuraciones no habría ningún tipo de problema de acceso de este tipo de sillas por la primera puerta hasta la zona central del autobús.

En el caso de las sillas modulares, como se ha comprobado en la Tabla 12, existen problemas de solape para la configuración 2-1-a. Si tenemos en cuenta el ancho de las sillas modulares medido en los ensayos, se obtiene que el 57% de las sillas modulares no podrían pasar por este pasillo.

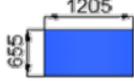
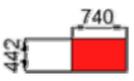
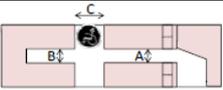
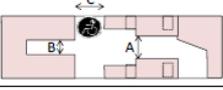
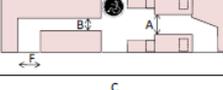
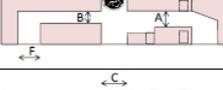
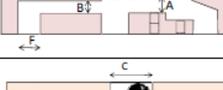
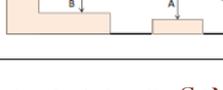
		Galibo de máx volumen 	Galibo de min volumen 
2-1-a	 Amin=540 Bmin=540 Cmin=1230		
2-1-b	 Amin=650 Bmin=500 Cmin=1340		
2-1-c	 Amin=800 Bmin=500 Cmin=1300		
2-2-d	 Amin=800 Bmin=500 Cmin=2670		
3-1-e	 Amin=850 Bmin=520 Cmin=1260 Fmin=1100		
3-1-f	 Amin=700 Bmin=520 Cmin=1270 Fmin=1100		
3-2-g	 Amin=585 Bmin=450 Cmin=2530 Fmin=660		
Configuración de planta de autobús utilizado en la tarea 2.1	 A=895 mm B=520 mm C=1820 mm		

TABLA 12. ACCESIBILIDAD DE LOS CdN A LOS DISTINTOS TIPOS DE AUTOBUSES.

En la Figura 3 se muestra el volumen máximo de galibo correspondiente a una silla modular que podría pasar por todas las configuraciones tipo definidas:

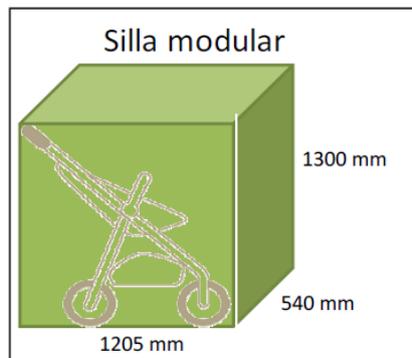


FIGURA 3. VOLUMEN MÁXIMO DE SILLA MODULAR QUE PUEDE PASAR POR TODAS LAS CONFIGURACIONES DE AUTOBUSES.

Para analizar la posibilidad de utilizar CdN desplegados en las zonas habilitadas para PMR en SdR, se ha definido la Tabla 13. En ella se muestran tres escenarios posibles. El primero sería aquel en el que no existe un usuario ocupando el espacio de SdR, el segundo es aquel en el que existe un usuario en SdR, y finalmente tendremos el caso en que existen dos usuarios con sus SdR ocupando el espacio reservado.

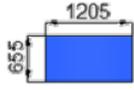
	Galibo de máx volumen		Galibo de min volumen		Con usuario en su SdR				Con 2 en su SdR			
					Galibo de máx volumen							
	Dirección marcha	Dirección transversal	Dirección marcha	Dirección transversal	Dirección marcha	Dirección transversal	Dirección marcha	Dirección transversal	Dirección marcha	Dirección transversal	Dirección marcha	Dirección transversal
2-1-a	1	1-2	1	1-3	0	0	0	0	-	-	-	-
2-1-b	1	1-3	1-3	1-5	0	1	1	1-2	-	-	-	-
2-1-c	1	1-3	1-2	1-4	0	1	1	1	-	-	-	-
2-2-d	1-3	1-4	1-4	1-6	1	1-2	1-2	1-3	0	0	0	0
3-1-e	1-2	1-4	1-3	1-6	1	1-2	1-2	1-3	0	0	0	0
3-1-f	1	1-2	1	1-3	0	0	0	0	-	-	-	-
3-2-g	1-2	1-4	1-3	1-6	1	1-2	1-2	1-3	0	0	0	0

TABLA 13. TABLA RESUMEN DEL NÚMERO DE CdN POSIBLES EN LOS ESPACIOS PARA PMR.

Como se desprende de la tabla anterior, en las configuraciones de autobuses que incorporen una plaza para transporte de un PMR en su silla, se dan las siguientes situaciones:

- Si la plaza no está ocupada se puede colocar un CdN en dirección de la marcha, o dos en dirección transversal a la marcha, como mínimo.
- Si la plaza está ocupada con un usuario en su SdR, solo en una de las siete configuraciones es posible que se puedan situar a la vez, un CdN en dirección a la marcha y una silla de ruedas.
- Si la plaza está ocupada con un usuario en su SdR, solo en una de las tres configuraciones es posible que se puedan situar a la vez, un CdN en dirección transversal y una silla de ruedas.

En las configuraciones de autobuses que incorporen dos plazas para transporte de un PMR en su silla, se dan las siguientes situaciones:

- Si las plazas no están ocupadas se pueden colocar uno o dos CdN en dirección de la marcha, o hasta cuatro en dirección transversal a la marcha.
- Si la zona central está ocupada sólo con un usuario en su SdR, es posible que se puedan situar a la vez, un CdN en dirección a la marcha y una silla de ruedas, y hasta dos en dirección transversal a la marcha.
- Si la zona central está ocupada con dos usuarios en sus SdRs, no es posible acoplar en ningún caso un CdN.

2.3 Compatibilidad entre Sistemas de Retención para SdR y CdN.

Para estudiar la compatibilidad entre los sistemas de retención de SdR que pudieran ser utilizados también por los CdN, hay que realizar primero una clasificación genérica de los sistemas de retención (Dols, 1996). Dicha clasificación se presenta en la siguiente Figura 4, donde se agrupan en dos grandes categorías los sistemas de retención utilizados, por un parte por el ocupante de la SdR y por otra para la fijación de la propia SdR.

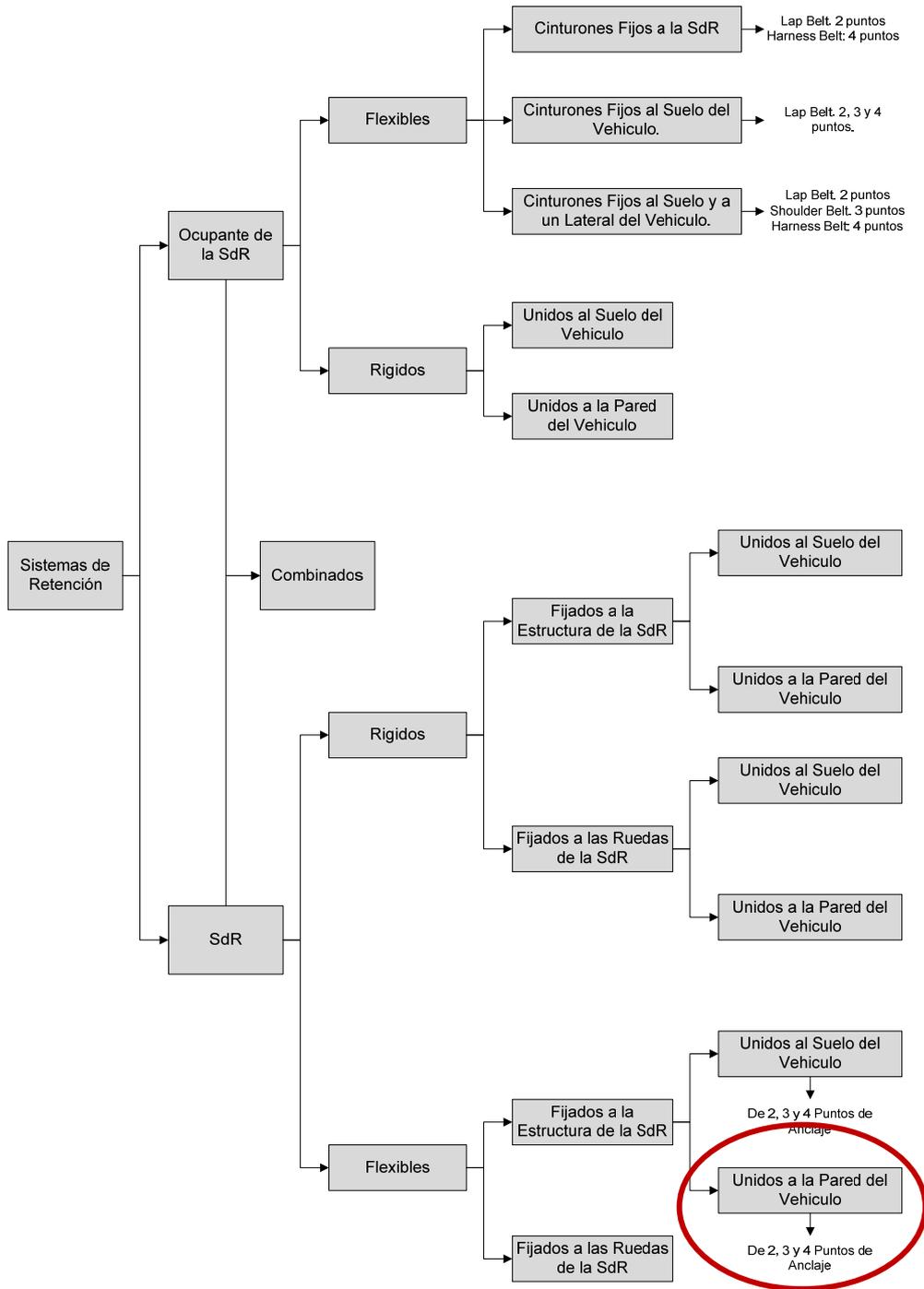


FIGURA 4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RETENCIÓN PARA SdR Y SU OCUPANTE.

Centrándonos en los sistemas de retención de la SdR podemos observar que unos sistemas se aplican al chasis de la SdR y otros a las ruedas. De los **sistemas que se aplican a las ruedas** ninguno es válido ya que este sistema se aplica a SdR específicas con ruedas específicas, ninguna de las cuales coincide con las ruedas utilizadas en los CdN. Los **sistemas rígidos que se aplican a la estructura** de las SdR tampoco son válidos para retener a los CdN ya que la estructura de estos últimos es muy diferente a la de las SdR.

Los **sistemas flexibles fijados a la estructura** sí serían adecuados para CdN con chasis de triángulo rectángulo o λ , pero no para los de barra telescópica, ya que puede ser difícil el anclaje al tener en su chasis partes muy gruesas. En lo referente al anclaje a las ruedas, las de tipo radios simples también podrían admitir el paso de los ganchos de este sistema de retención.

Para los **sistemas flexibles con respaldo o mampara**, similares a los sistemas flexibles anteriores, la existencia del respaldo hace que sean incluso más seguros que los anteriores pero con las mismas premisas. Serían válidos para los CdN con chasis de triángulo rectángulo o tipo λ , pero no para los de barra telescópica debido a la dificultad para el anclaje, al tener su chasis partes muy gruesas. En lo referente al anclaje a las ruedas, las de tipo radios simples también podrían admitir el paso de los ganchos de este sistema de retención.

Como conclusión podemos determinar que el **sistema de retención más compatible entre los utilizados para sillas de ruedas y CdN, es el correspondiente a sistemas flexibles que se fijan a la estructura del CdN (o SdR en su caso), y están anclados a una mampara o respaldo trasero, mediante la utilización de, al menos, dos puntos de anclaje**. Esta configuración puede ser válida para la mayoría de carritos del mercado, ya sea con el anclaje al chasis o a las ruedas. Aunque debido a la multitud de chasis y ruedas diferente, es posible que no todos ellos admitan un anclaje con todas las medidas de seguridad necesarias.

3 Esfuerzos Transmitidos a los CdN durante el Transporte.

Una de las condiciones previas al diseño de un sistema de retención que permita sujetar a un carrito de niños durante su utilización en un vehículo de transporte público, consiste en el conocimiento del nivel de solicitaciones a las que se verá sometido durante su uso en condiciones normales de circulación. Por esta razón, a lo largo del proyecto de investigación se desarrollaron una serie de pruebas experimentales cuyo objetivo final no era otro que establecer el nivel de esfuerzos que desde el vehículo se transmitían al CdN, así como las características estructurales del mismo, para que pudiera resistir las solicitaciones generadas en condiciones de circulación y ser considerado como un elemento de transporte válido para el desplazamiento de niños.

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos a partir de las pruebas experimentales desarrolladas, consistentes en reproducir el funcionamiento de un vehículo de transporte público de pasajeros sometido a maniobras de conducción habituales (frenados en línea recta y curva, aceleraciones, circulación en pendiente, evasión de obstáculos, etc.). Así mismo, en segundo término se muestran los resultados del análisis estructural de un CdN sometido a solicitaciones en las condiciones más desfavorables, desde el punto de vista del transporte urbano, realizando primero el modelo teórico por ordenador de un carrito y definiendo luego los requisitos dinámicos de su utilización durante el transporte. En último término se presenta un resumen de las solicitaciones exigidas a partir de las pruebas de campo y del modelo teórico por ordenador.

3.1 Esfuerzos Transmitidos en Condiciones de Tráfico Urbano e Interurbano.

Para conocer el nivel de esfuerzos transmitidos a los CdN en condiciones de tráfico urbano e interurbano, se realizaron una serie de pruebas en circuito cerrado y en circuito abierto por las calles de la ciudad de Valencia, embarcando carritos a un autobús. Tanto los carritos como el vehículo iban sensorizados con acelerómetros triaxiales para medir las aceleraciones que generadas durante los ensayos.

Las pruebas en circuito cerrado se desarrollaron en las instalaciones del INSIA (Madrid) y de la Empresa Municipal de transportes de Valencia, y consistieron en tres tipos de ensayos diferentes. El primero de ellos, la prueba de slalom, consistente en hacer pasar al autobús entre cinco conos situados a una distancia de 15 metros. La velocidad de paso entre los conos fue de 25 Km/h aproximadamente, ya que a mayor velocidad se comprometían las condiciones de seguridad a la hora de realizar el ensayo. La trayectoria del autobús puede verse en la Figura 5:

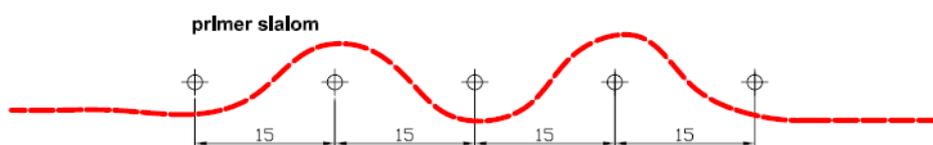


FIGURA 5. TRAYECTORIA DE SLALOM DEL AUTOBÚS.

El segundo de los ensayos consistió en seguir una trayectoria circular, similar al paso por una rotonda. Este ensayo se basaba en diversa normativa de referencia, como es la **SAE J266**, “*Steady State Directional Control Test Procedures: Method 2*”, o el Ensayo circular **SAE J2181**. En nuestro caso, se giró el volante del autobús hasta su tope, proporcionando un radio de giro entre 15 y 20 metros (ver en la Figura 6). La velocidad máxima que alcanzada en el ensayo se situaba entre 20 y 25 Km/h, ya que a mayor velocidad se comprometían en mayor medida las condiciones de seguridad.

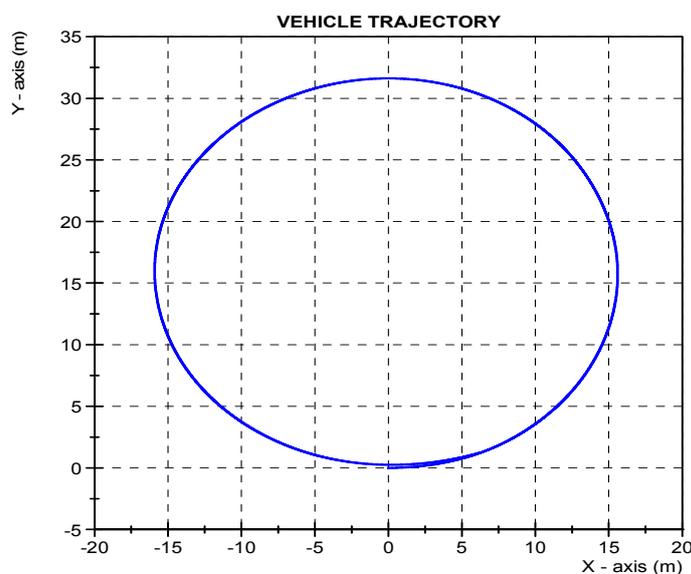


FIGURA 6. TRAYECTORIA CIRCULAR DEL AUTOBÚS.

El tercer y último de los ensayos en circuito cerrado consistió en una prueba de frenado brusco. A lo largo de una recta el autobús alcanzaba una velocidad aproximada de 50 Km/h, la máxima legalmente permitida en entornos urbanos, para proceder al frenado por parte del conductor en el menor tiempo posible.

Los ensayos en circuito abierto se desarrollaron en las calles de la ciudad de Valencia (España), y en los mismos se reprodujeron condiciones habituales de circulación de autobuses de transporte público a lo largo de avenidas con mucha congestión de tráfico (semáforos, paradas frecuentes, arrancadas y paradas súbitas), circulación en rotondas, puentes, túneles urbanos, circulación cruzando vías de tranvía, etc.

Los resultados de las aceleraciones máximas registradas en cada tipo de ensayo (slalom, circular, frenado y recorrido urbano) se representan en tablas en los apartados siguientes. En éstas se muestran también cuándo el CdN ha sufrido algún golpe y cuando no lo ha sufrido, como consecuencia de las condiciones de circulación reproducidas. En los ensayos se utilizaron diferentes configuraciones en las que el carrito podía estar libre (con o sin frenos activados), o también podía estar sujeto con algún sistema de retención. El criterio de signos empleado tanto para el vehículo como para los carritos estaba basado en el sistema de referencia **ISO 4130**, como puede apreciarse en la Figura 7, con el sentido del eje **Z** saliente hacia fuera del papel.

Conviene mencionar aquí que al tratarse de ensayos realizados con carritos “*genéricos*”, con una tipología concreta, se ha referenciado a cada uno de ellos con una letra y un modelo “A”, “B” o “C”, con objeto de preservar la confidencialidad de la información mostrada.

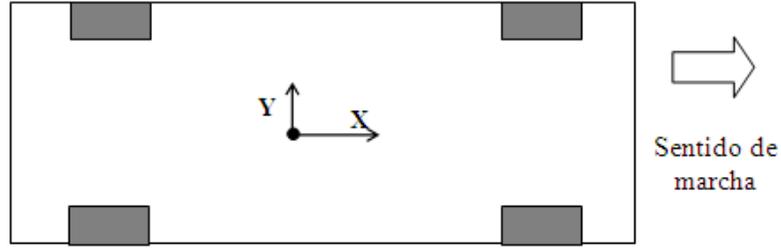


FIGURA 7. SISTEMA DE REFERENCIA ISO 4130 UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.

A continuación mostraremos los resultados obtenidos en cada de las pruebas realizadas. En las siguientes tablas se muestran los valores máximos obtenidos en cada una de ellas, ya que se trata en definitiva de conocer las sollicitaciones máximas transmitidas a los carritos.

- ***Aceleraciones en la Prueba de Slalom entre Conos.***

Los valores máximos de aceleración registrados para la prueba de Slalom, cuando el carrito no ha sufrido ningún golpe, es decir, cuando se eliminan los picos de aceleración, son los de la Tabla 14:

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Vehículo	0,3055	25	0,3844	14	1,1478	55
Aceleración Marca “A” Modelo “A”	0,3686	25	0,4179	52	1,2292	25
Aceleración Marca “C” Modelo “C”	0,2480	41	0,3890	41	1,1976	15
Aceleración Marca “B” Modelo “B”	0,4184	26	0,4240	43	1,2634	43

TABLA 14. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN EL ENSAYO SLALOM CUANDO EL CDN NO SUFRE GOLPES O CAÍDAS.

Como podemos observar es el carrito Marca “B” Modelo “B” el que más aceleración sufre, en los tres ejes. En general, el nivel de aceleraciones obtenidas oscilan entre 0,35g, sin superar nunca los 0,5 g, para los ejes X e Y. En el eje Z hay que tener presente la aceleración de la gravedad, siendo el valor más fuerte el de 1,2634 g hacia el interior de la tierra.

En la Tabla 15 se presentan los valores máximos de aceleración en cualquier caso, es decir, sin discriminar los ensayos en los que el carrito ha sufrido un golpe o caída.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Marca “A” Modelo “A”	1,7291	13	1,6014	13	1,9837	13
Aceleración Marca “C” Modelo “C”	0,6820	1b	0,3890	41	1,1976	15
Aceleración Marca “B” Modelo “B”	0,7968	41	0,4914	41	1,3275	25

TABLA 15. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN EL ENSAYO SLALOM SIN DISCRIMINAR GOLPES O CAÍDAS.

Como vemos, los valores de aceleración del carrito son mucho mayores en caso de caída o golpe con algún objeto, llegando en esta prueba a 1,72 g en el eje X, el mayor valor descartando el eje Z.

- ***Aceleraciones en la Prueba de Trayectoria Circular.***

Los valores máximos de aceleración registrados para la prueba de trayectoria circular, cuando el carrito no ha sufrido ningún golpe, es decir, cuando se eliminan los picos de aceleración, son los de la Tabla 16.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Vehículo	0,4280	3	0,6573	47	1,3665	23
Aceleración Marca “A” Modelo “A”	0,4342	50	0,6036	29	1,4964	23
Aceleración Marca “C” Modelo “C”	0,4686	3	0,6709	47	1,3362	23
Aceleración Marca “B” Modelo “B”	0,4351	30	0,5020	24	1,4567	30

TABLA 16. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN EL ENSAYO CIRCULAR CUANDO EL CDN NO SUFRE GOLPES O CAÍDAS.

Como podemos observar es el carrito Marca “C” Modelo “C” el que más aceleración sufre, en el eje Y con un valor de 0,6709 g. Las aceleraciones en esta prueba son mayores que en la prueba de los conos y rondan en general el valor de 0,45 hasta 0,65, sin superar nunca los 0,7g, esto en los ejes X e Y. En el eje Z hay que tener presente la aceleración de la gravedad, siendo el valor más fuerte el de 1,4964 g hacia el interior de la tierra.

Pasemos a sintetizar ahora en la Tabla 17 los valores máximos de aceleración en cualquier caso, es decir, sin discriminar los ensayos en los que el carrito ha sufrido un golpe o caída.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Marca “A” Modelo “A”	1,7079	10	4,9971	10	3,3214	10
Aceleración Marca “C” Modelo “C”	1,0192	3b	0,5811	3b	1,2963	3b
Aceleración Marca “B” Modelo “B”	1,0956	47	1,1769	29	1,4153	29

TABLA 17. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN EL ENSAYO CIRCULAR SIN DISCRIMINAR GOLPES O CAÍDAS.

Como vemos, los valores de aceleración del carrito son mucho mayores en caso de caída o golpe con algún objeto, llegando en esta prueba a 5g.

- ***Aceleraciones en la Prueba de Frenado.***

Los valores máximos de aceleración registrados para la prueba de frenado, cuando el carrito no ha sufrido ningún golpe, es decir, cuando se eliminan los picos de aceleración, son los de la Tabla 18.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Vehículo	0,8544	2	0,1026	9	1,1328	46
Aceleración Marca “A” Modelo “A”	1,0823	20	0,3820	51	1,9103	19
Aceleración Marca “C” Modelo “C”	0,7501	44	0,3580	45	1,8440	19

Aceleración Marca "B" Modelo "B"	0,8724	20	0,4079	20	1,5753	46
----------------------------------	--------	----	--------	----	--------	----

TABLA 18. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN LA PRUEBA DE FRENADO CUANDO EL CDN NO SUFRE GOLPES O CAÍDAS.

Como podemos observar en la prueba de frenado se alcanzan aceleraciones más fuertes, del orden del 0.8g hasta el 1g en el eje X. Recordar que estos datos son cuando el carrito no sufre ningún tipo de golpe. Los valores en Y son bastante más pequeños, ya que en una frenada los valores altos de g se dan en el eje X.

Pasemos a sintetizar ahora en la Tabla 19 los valores máximos de aceleración en cualquier caso, es decir, sin discriminar los ensayos en los que el carrito ha sufrido un golpe o caída.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Marca "A" Modelo "A"	2,5593	46	1,8256	46	2,7604	18
Aceleración Marca "C" Modelo "C"	6,5815	2b	2,5043	17	2,7604	18
Aceleración Marca "B" Modelo "B"	3,7504	27	2,4750	27	3,0334	27

TABLA 19. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN LA PRUEBA DE FRENADO SIN DISCRIMINAR GOLPES O CAÍDAS.

Los valores de aceleración del carrito son mucho mayores en caso de caída o golpe con algún objeto, llegando en esta prueba incluso a superar los 6g. Como vemos es peligroso llevar el carrito sin amarrar, ya que en caso de frenada fuerte el CdN golpea los interiores del autobús de forma muy violenta.

- ***Aceleraciones en las Pruebas en Circuito Urbano.***

Los valores máximos de aceleración registrados para la prueba de circuito urbano, cuando el carrito no ha sufrido ningún golpe, es decir, cuando se eliminan los picos de aceleración, son los de la Tabla 20.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Vehículo	0,3788	33	0,2957	33	1,3703	38
Aceleración Marca "A" Modelo "A"	0,2979	31	0,3839	40	1,4152	34
Aceleración Marca "C" Modelo "C"	0,3433	32	0,2999	35	1,3903	32
Aceleración Marca "B" Modelo "B"	0,4316	39	0,2866	39	1,5659	38

TABLA 20. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN EL CIRCUITO URBANO CUANDO EL CDN NO SUFRE GOLPES O CAÍDAS.

Como podemos los valores registrados de aceleración, sin que el carrito haya sufrido ningún tipo de golpe en la prueba, rondan el 0,3 g, no siendo muy elevados. Si se registran valores más elevados de la aceleración en el eje Z debido al paso por las vías del tranvía que producían vibraciones verticales muy fuertes.

En la Tabla 21 siguiente se resumen los valores máximos de aceleración aparecidos en circuito urbano en diferentes condiciones de circulación, y sin discriminar en los ensayos los casos en los que el carrito ha sufrido un golpe o caída.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Marca “A” Modelo “A”	0,6012	38	0,9369	36	2,0537	36
Aceleración Marca “C” Modelo “C”	1,0853	31	1,1759	31	1,6073	31
Aceleración Marca “B” Modelo “B”	1,8220	40	1,0133	40	1,8588	40

TABLA 21. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN EL CIRCUITO URBANO SIN DISCRIMINAR GOLPES O CAÍDAS.

Como se puede observar, los valores de aceleración del carrito son mucho mayores en caso de caída o golpe con algún objeto, no llegando a superar en el tráfico urbano los 2g para los ejes X e Y. En el caso del eje Z si se producen mayores aceleraciones.

3.2 Análisis Estructural del CdN.

El análisis estructural de los carritos se ha realizado mediante el estudio de casos representativos del comportamiento real de éstos dentro del vehículo ante diferentes condiciones de circulación. Para ello se han planteado diferentes “casos” susceptibles de presentar problemas de resistencia en el carrito cuando se produce un impacto contra el suelo (el carrito es lanzado después de sufrir el vehículo un frenazo brusco, o en la circulación sobre una curva muy cerrada a una velocidad elevada, debido a la altura de su centro de masas al tener al niño sentado). Los diferentes casos analizados se han realizado utilizando el solver explícito LS-DYNA incluido dentro del código de elementos finitos comercial ANSYS. A continuación se describe de forma resumida la metodología empleada, así como las conclusiones relativas a esta fase del estudio.

3.2.1 Aplicación de la aceleración de la gravedad al carrito de niño

Como paso inicial previo a la simulación del comportamiento dinámico del carrito en el autobús se procedió a resolver el estado tensional del mismo cuando se encuentra únicamente bajo la acción de la fuerza de gravedad. Para la realización de los cálculos, se partirá siempre del modelo de carrito seleccionado (ver Figura 8), y será únicamente la parte de aplicación de la carga la que sufra las modificaciones adecuadas para cada ensayo. Para ello se definen dos vectores, uno de tiempo y otro con el valor de aceleración que se va a aplicar en cada instante de tiempo, en este caso será un valor constante de 9.81m/s^2 .

3.2.1.1 Análisis de resultados

Para completar esta simulación se ha dejado caer al carrito desde una altura de 22 cm, aplicando inicialmente la aceleración de la gravedad, permitiendo, por un lado, comprobar el correcto modelado del contacto entre las áreas de la ruedas y el suelo, y en segundo lugar que las tensiones del carrito ante una sollicitación de severidad alta como es la simulada no superan valores normales de los materiales.

3.2.1.1.1 Análisis de desplazamientos

Como primera comprobación se analizan los desplazamientos obtenidos mediante esta simulación y obteniendo los resultados mostrados en la Figura 9. En dicha figura, la curva morada representa el desplazamiento vertical del carrito. Se puede observar el primer impacto que sufre el carrito contra el suelo, aproximadamente a los 0.2 seg, el posterior rebote y la estabilización del carrito en el suelo. El primer pico, correspondiente al impacto inicial, es algo más acusado debido a que el carrito trata de amortiguar el choque. La curva roja corresponde al desplazamiento longitudinal, cuando el carrito impacta contra el suelo sufre un ligero desplazamiento longitudinal (6 cm) hacia atrás debido al desequilibrio en las reacciones verticales en el rebote.

La curva azul corresponde al desplazamiento transversal, la aparición de este desplazamiento (1.8 cm) se debe como en el caso del longitudinal a la ligera asimetría en las reacciones verticales en el rebote del carrito al impactar contra el suelo.

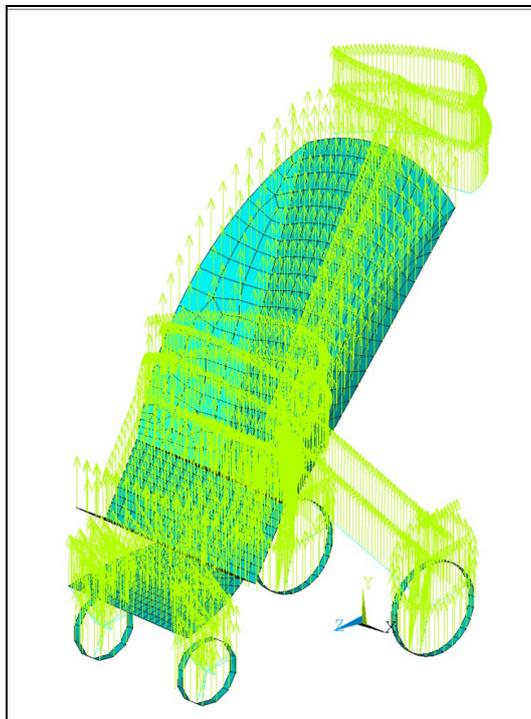


FIGURA 8. MODELO FEA. APLICACIÓN DE LA CARGA

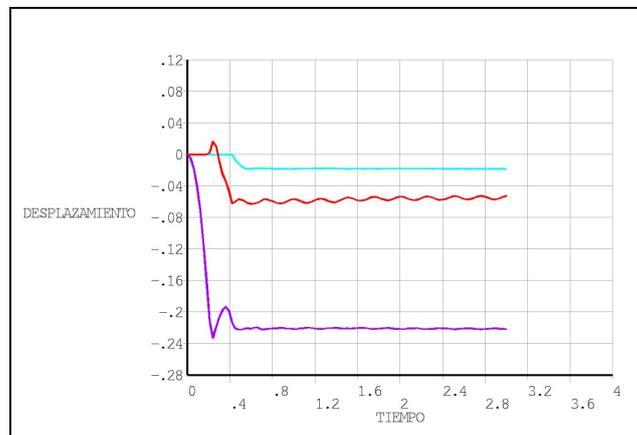


FIGURA 9. GRÁFICA DE LOS DESPLAZAMIENTOS

3.2.1.2 Análisis de las velocidades

Como segunda comprobación se verificó que el carrito quedaba estabilizado en el suelo y el comportamiento amortiguado. Se puede observar en la Figura 10 como en el instante 0.2s se produce el impacto con el suelo, posteriormente la velocidad toma un valor nulo y cambia de signo debido a la ascensión del carrito por efecto del rebote. Se aprecia cuando colisiona por segunda vez contra el suelo en 0.4s, y posteriormente se estabiliza la velocidad en dirección vertical debido a que el carrito ya permanece en contacto con el suelo.

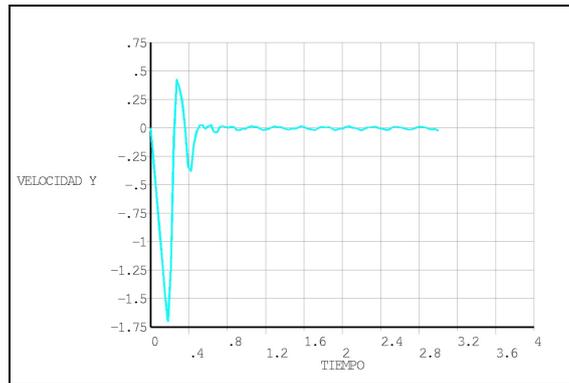


FIGURA 10. GRÁFICA VELOCIDAD EN Y

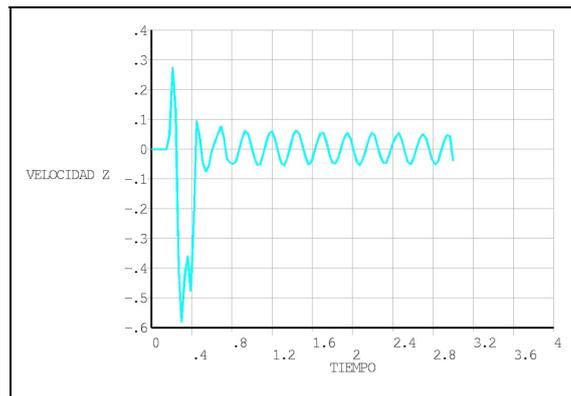


FIGURA 11. GRÁFICA VELOCIDAD EN Z

En la Figura 11 se comprueba que el carrito no cae con su plano transversal paralelo al suelo, sino que impacta primero con la parte de las ruedas delanteras debido al mayor peso de esta zona y por tanto al giro del carrito durante el vuelo. Es por esta razón por la cual sufre un pequeño desplazamiento hacia delante. En el momento en el que las ruedas traseras impactan contra el suelo el carrito rebota desplazándose hacia detrás.

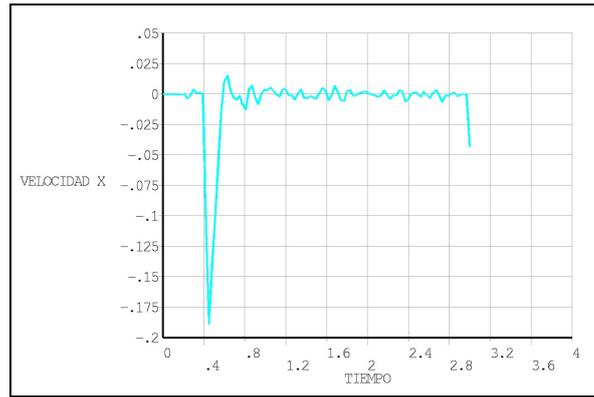


FIGURA 12. GRÁFICA VELOCIDAD EN X

Se observa como justo después del segundo impacto contra el suelo, cuando el carrito ya se va estabilizando, éste se desplaza ligeramente en dirección transversal, aunque de forma leve debido al giro libre de las ruedas delanteras.

3.2.1.2.1 Análisis de aceleraciones

Se observa que el primer pico de gravedad (3 G) corresponde al impacto inicial del carrito contra el suelo, el segundo rebote se puede ver que es de muy baja intensidad y posteriormente el carrito se estabiliza en contacto contra el suelo.

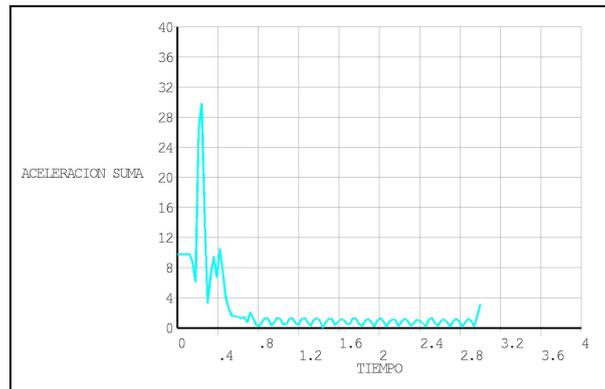


FIGURA 13. GRÁFICA DE ACELERACIONES

3.2.1.3 Análisis tensiones de Von Mises

Se ha seleccionado uno de los nodos de la rueda trasera izquierda, debido a que, primero la interpretación de sus tensiones es mucho más intuitiva a la hora de comprobar si los resultados obtenidos son coherentes y, segundo, es una zona crítica ya que es donde se producen mayores tensiones en este tipo de impactos. Se tiene una tensión máxima de 8.43 MPa, producida en el primer impacto del eje trasero del carrito contra el suelo. Instantes antes del pico predominante, aparece el pico de tensión correspondiente a la influencia del impacto de las ruedas delanteras contra el suelo.

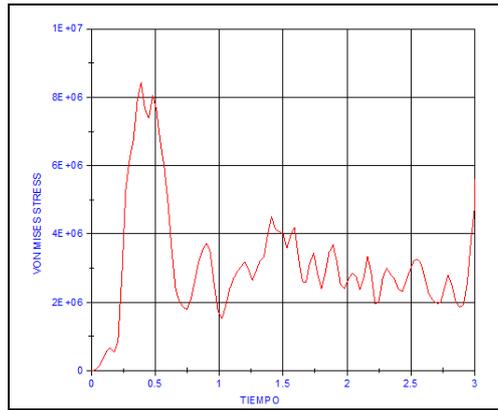


FIGURA 14. GRÁFICO TENSIÓN VON MISES

Se puede observar también el pico de tensión correspondiente al segundo rebote, con un valor próximo a 8 MPa. El resto de los datos obtenidos corresponden al tiempo en el que el carrito se está estabilizando desplazándose longitudinal y transversalmente sobre el suelo. Se observa como en un impacto severo y en una zona crítica del mismo no se producen valores de tensiones que conduzcan a deducir una falta de robustez del diseño.

3.2.2 Aplicación de la fuerza de la gravedad y aceleración lateral al carrito de niño

Como se enunció en el apartado anterior, para la simulación de este tipo de comportamiento, se parte del modelo de carrito creado y únicamente se modifican los vectores de aplicación de carga. Para este ensayo se necesitará el vector de tiempo, el vector de la aceleración de la gravedad (ACCG), en el que se aplicará un valor constante de 9.81 m/s^2 para cada instante de tiempo, y por último un tercer vector para la aceleración lateral, será un valor constante de 9.81 m/s^2 aplicado a partir del tiempo $t = 2\text{s}$.

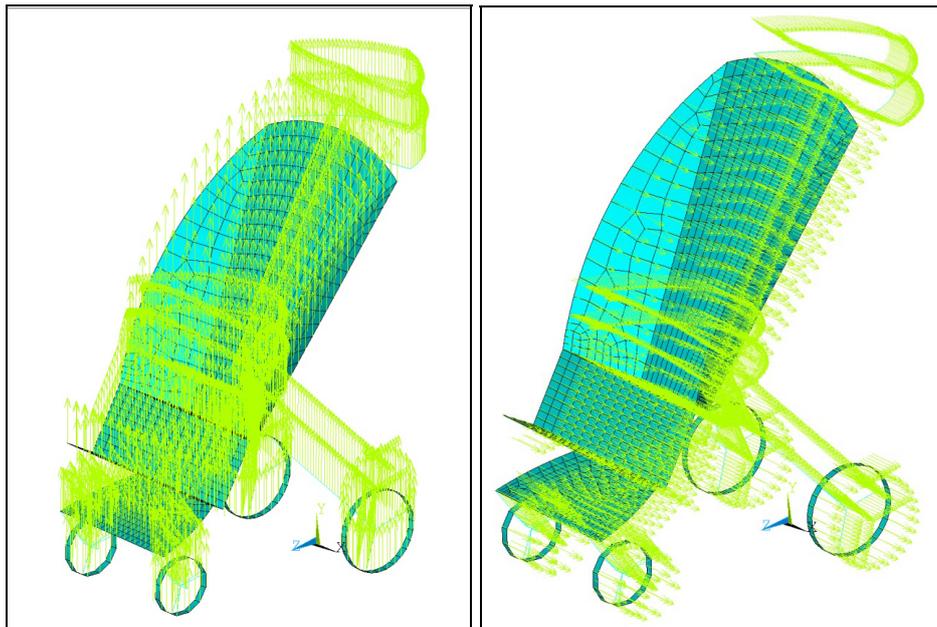


FIGURA 15. CARGAS APLICADAS AL CARRITO

3.2.2.1 Análisis de resultados

En este ensayo se ha dejado caer al carrito desde una altura de unos 22 cm, teniendo aplicada la acción de la gravedad durante todo el ensayo, posteriormente se le aplicó una aceleración lateral para simular el efecto sobre el carrito de un giro brusco, o de un giro de radio constante a alta velocidad del autobús sobre el que está montado el carrito. Como se observa, las solicitaciones debidas a la aceleración lateral provocan el vuelco del carrito. Dado que la fase inicial de la simulación es la misma que en el caso descrito en el apartado 3.3.1 (caída desde 22 cm de altura) se obviará el análisis de los resultados durante la primera fase de la simulación.

3.2.2.1.1 Análisis de los desplazamientos

Al estar modelizando tres segundos de ensayo, la parte inicial en la que el carrito sufre una caída desde 22 cm de altura, la gráfica es totalmente idéntica a la estudiada en el punto anterior. En los últimos dos segundos, desde el 0.8 al 2.8, se observa que el carrito sufre un desplazamiento en dirección transversal, esto es debido a la aplicación de la aceleración lateral.

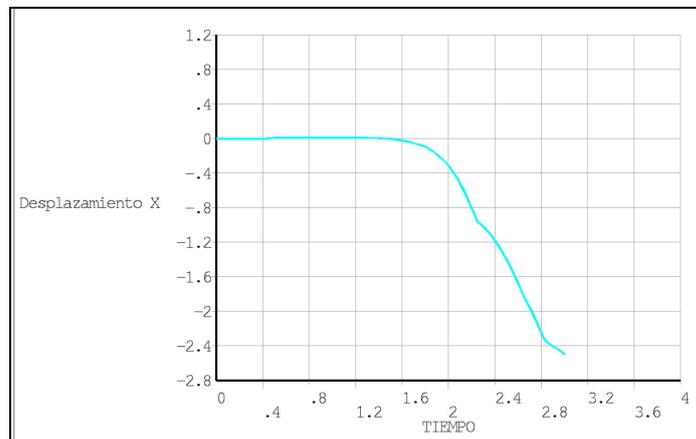


FIGURA 16. DESPLAZAMIENTO EN X

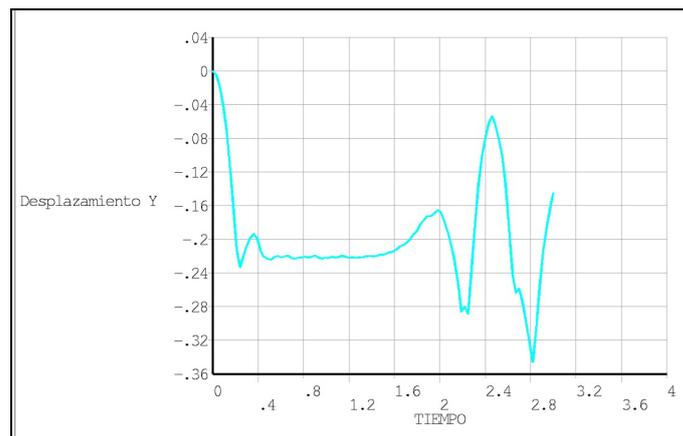


FIGURA 17. DESPLAZAMIENTO EN Y

En el instante $t=1.6$ seg se observa el inicio del vuelco del carrito en dirección transversal, en el segundo 2.2 se produce el impacto del carrito contra el suelo y su posterior rebote 0.2 segundos más tarde. Tras dicho rebote vuelve a impactar bruscamente contra el suelo, quedándose el carrito volcado con las ruedas hacia arriba.

La razón de que durante todo el ensayo el valor del desplazamiento en vertical sea negativo, se debe a que el carrito desde el comienzo en el que empieza el vuelco, no vuelve a recuperar la posición inicial de reposo en ningún momento.

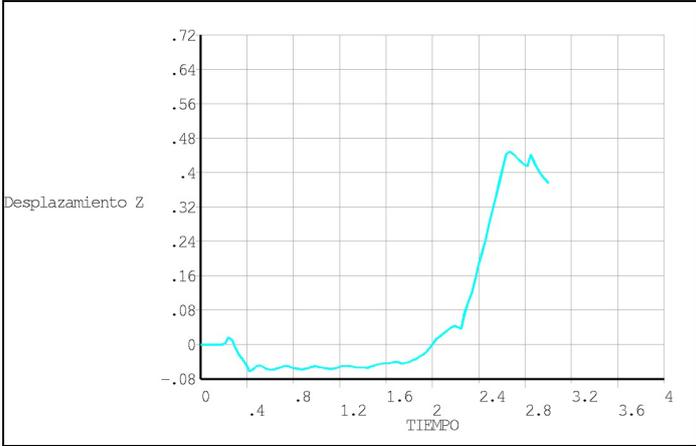


FIGURA 18. DESPLAZAMIENTO EN Z

Cuando comienza el vuelco del carrito de niño, al tener las ruedas delanteras más pequeñas que las traseras, éste se produce de forma diagonal, es decir, hacia delante y a la derecha, es por eso que al final del vuelco y los sucesivos rebotes por el suelo el carrito termina en una posición bastante más adelantada de la de partida.

3.2.2.1.2 Análisis de las velocidades

Se puede observar como en el momento del primer rebote tras el vuelco (2.2 seg), el carrito pierde velocidad ya que está deslizando por el suelo, el cual le opone resistencia. Pasados 0.2 segundos el carrito vuelve a tener un pico de velocidad debido a que es cuando está cayendo de nuevo para impactar contra el suelo por segunda vez y por lo tanto está en el aire sin rozar contra nada.

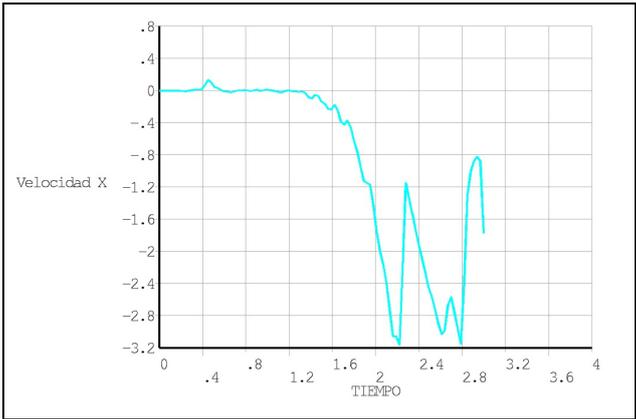


FIGURA 19. VELOCIDAD EN X.

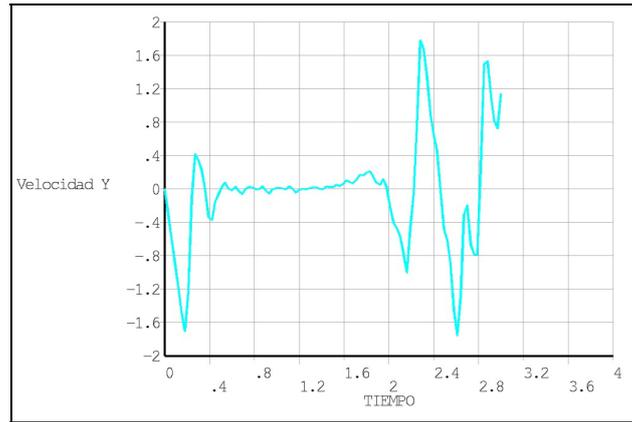


FIGURA 20. VELOCIDAD EN Y.

En el instante $t=2s$, la velocidad en dirección vertical del carrito, se anula debido al impacto contra el suelo y cambia súbitamente de signo, debido a que el carrito por efecto del rebote comienza a realizar un movimiento ascendente. Tras 0.2 segundos volvemos a tener una situación similar debido al segundo impacto y posterior rebote contra el suelo del carrito de niño.

Se puede observar como durante el vuelco y los dos posteriores rebotes del carrito contra el suelo, se va desplazando hacia delante aumentando la velocidad, debido a la aplicación durante ese instante de la aceleración lateral. El cambio de signo en la última parte del ensayo, es debido a que el carrito gira 180° sobre sí mismo, por lo que la velocidad en dirección longitudinal cambia de signo.

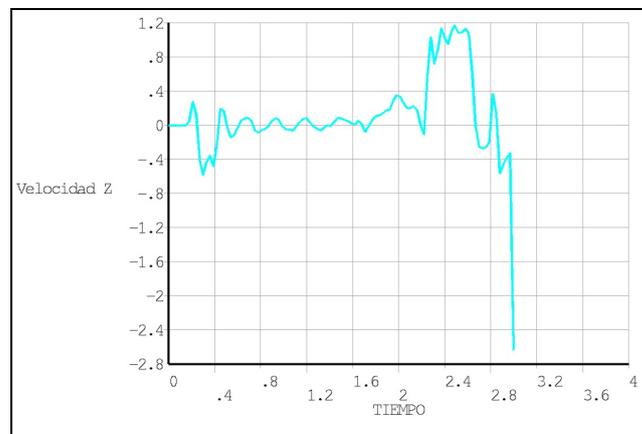


FIGURA 21. VELOCIDAD EN Z.

3.2.2.1.3 Análisis de las aceleraciones

Se puede observar como el carrito sufre un impacto en la zona superior de la estructura de casi $5g$, posteriormente impacta la zona inferior de la estructura alcanzándose valores de aceleración algo menores a los anteriores. Tras este primer impacto el carrito sufre un rebote en cuya caída contra el suelo vuelve a alcanzar valores próximos a los $5g$. El último impacto es bastante mayor y próximo a $8.3g$, esto es debido a que en los dos primeros impactos el carrito parte del reposo, vuelca e impacta simplemente por la acción de la gravedad, pero en el último impacto, el carrito posee una velocidad lateral, la cual hace que el choque contra el suelo, sea más violento.

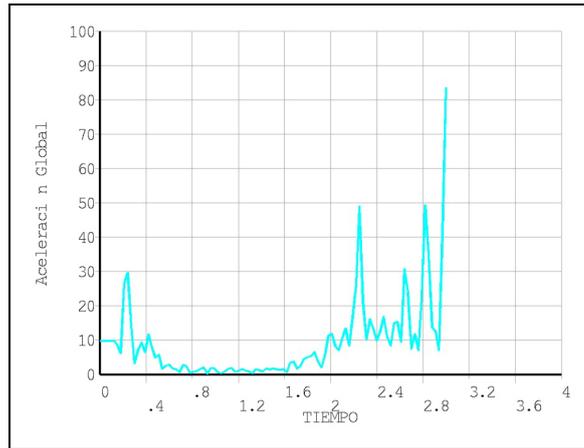


FIGURA 22. ACELERACIÓN GLOBAL.

3.2.2.1.4 Análisis de las tensiones

La obtención de las tensiones es un proceso que se lleva a cabo en dos pasos debido a que en la construcción del modelo se han utilizado dos tipos diferentes de elementos, Beam para los perfiles estructurales del carrito y elemento Shell para el resto del modelo. Las distribuciones normales que se van a representar a continuación corresponden máximo valor de cada elemento durante el fenómeno transitorio.

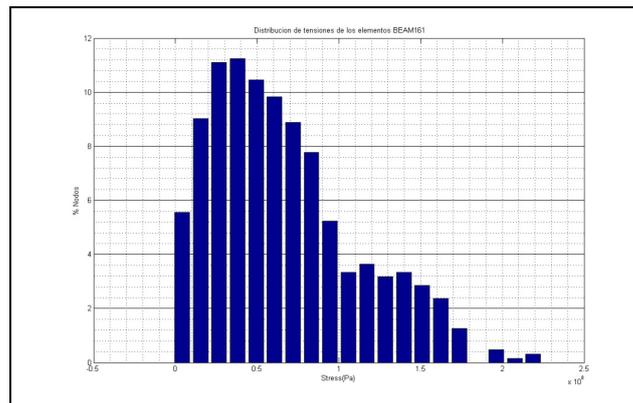


FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES EN EL BEAM161

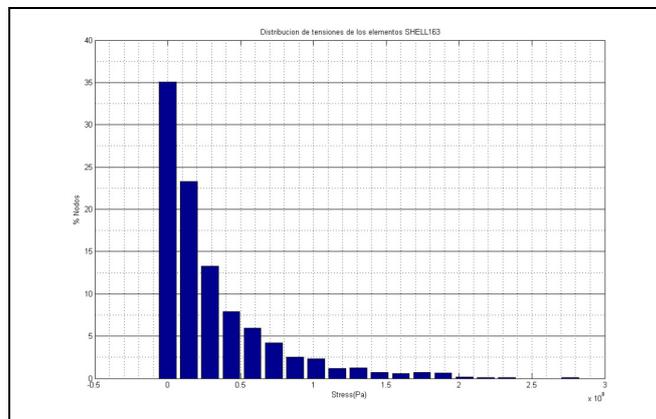


FIGURA 24. DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES EN EL SHELL 163

Como se observa en las ilustraciones previas, una ínfima parte de los elementos presentan tensiones por encima de 200 MPa, en el caso de un impacto muy severo como el que se produce en este caso. Dado que el peso incluido en el modelo para simular la acción del niño sobre el carrito ha sido el correspondiente a un niño de 3 años, **se concluye que esta estructura puede soportar sin graves problemas estructurales deceleraciones o impactos de hasta 5g.**

3.2.2.1.5 Análisis tensiones de Von Mises

Se estudia un nodo próximo al centro de masas del carrito. Se puede observar como desde el momento en el que el carrito inicia el desplazamiento lateral, empieza a sufrir deformaciones provocando las tensiones que se muestran en la Figura 25. A medida que el ensayo va teniendo lugar y se van produciendo los sucesivos impactos y rebotes del carrito contra el suelo, las deformaciones se hacen cada vez mayores, provocando que se lleguen a alcanzar tensiones próximas a los 65 MPa. Estas tensiones son aceptables teniendo en cuenta que el carrito es de ABS y acero e impacta contra un suelo rígido, también de acero.

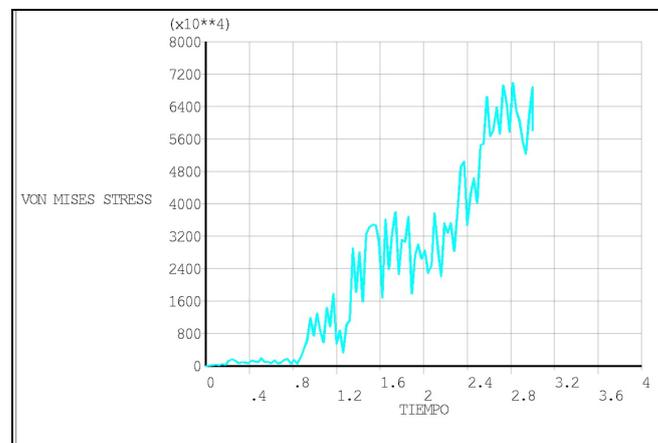


FIGURA 25. GRÁFICO TENSIÓN VON MISES

3.2.3 Aplicación de la fuerza de la gravedad y aceleración longitudinal al carrito de niño

En este caso se han simulado las consecuencias que tiene sobre el carrito la aplicación de una aceleración longitudinal, semejante a las condiciones generadas en un frenazo brusco. Se aplicará una carga longitudinal de 9.81 m/s^2 en forma de pulso, a partir del segundo 2 de ensayo. Como en los casos anteriores, las aceleraciones aplicadas son inerciales.

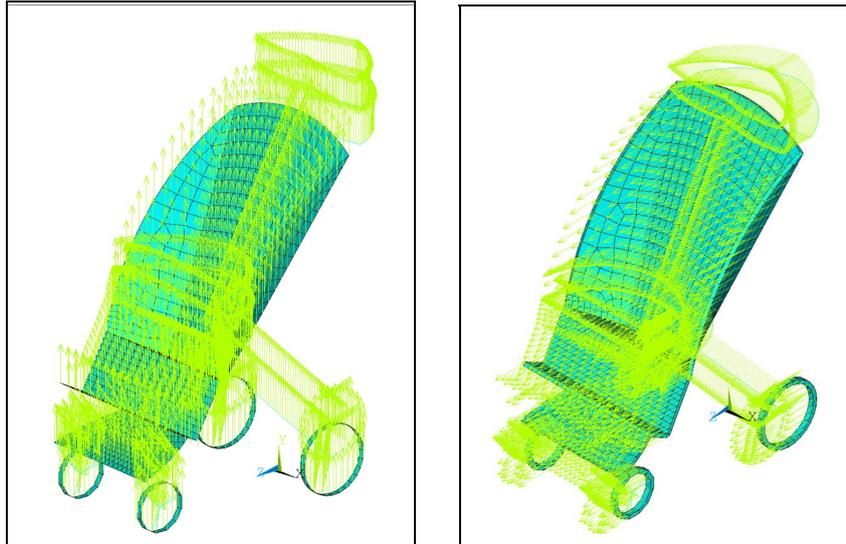


FIGURA 26. CARGAS APLICADAS AL CARRITO

3.2.3.1 Análisis de los resultados

Como ya sucedió en el caso anterior, la primera parte de las gráficas corresponde al impacto del carrito de niño debido a la caída libre que sufre desde una altura de 22 cm. Este ensayo ya se analizó y explicó en un apartado anterior, por ello no se va a tener en cuenta esa primera parte de las gráficas en los estudios y conclusiones que se van a llevar a cabo a continuación. En este ensayo al carrito se le aplicará un pulso de fuerza longitudinal para simular las deceleraciones a las que se vería sometido en caso de que se produjera un frenazo brusco en el autobús, pasados unos instantes después de que se establezca de las reacciones sufridas por el impacto vertical contra el suelo por la caída libre desde 22 cm.

3.2.3.1.1 Análisis de los desplazamientos

El carrito de niño comienza el vuelco debido al pulso de aceleración longitudinal próximo al instante 2.25 seg. Se puede observar que el desplazamiento lateral que sufre el carrito es muy leve y no es hasta el final del impacto cuando debido a los rebotes contra el suelo el carrito sufre los mayores desplazamientos, llegando a tomar valores algo superiores a los 10 cm.

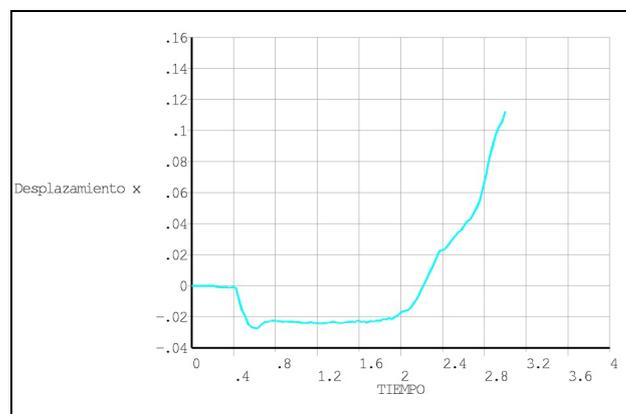


FIGURA 27. DESPLAZAMIENTO EN X

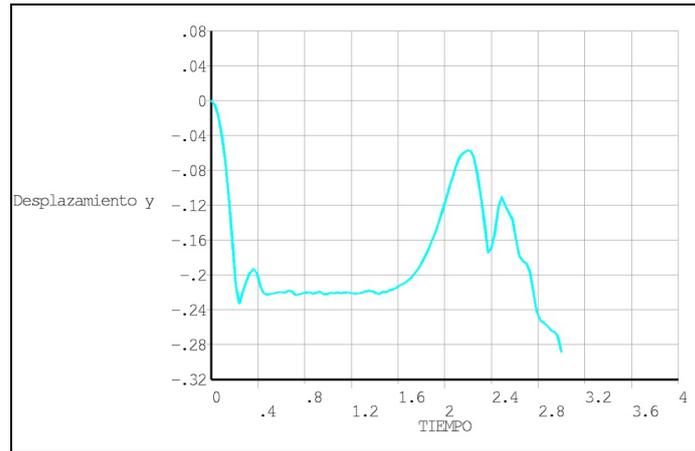


FIGURA 28. DESPLAZAMIENTO EN Y

Se puede observar como el carrito una vez estabilizado tras el impacto por la caída libre inicial, comienza a volcar en el instante 1.6 segundos, sufre el impacto contra el suelo y un posterior rebote, en un intervalo de aproximadamente un segundo.

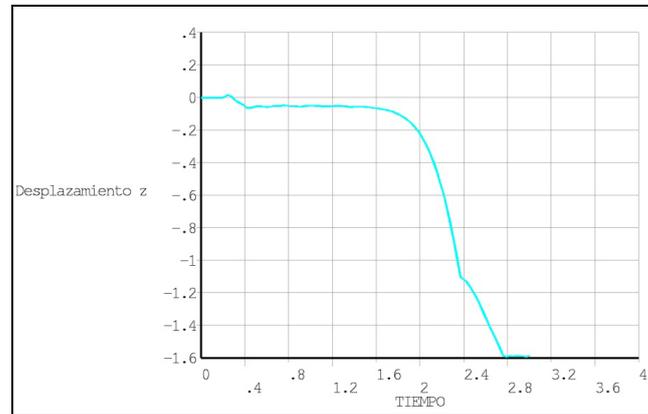


FIGURA 29. DESPLAZAMIENTO EN Z

A partir del momento en el que el carrito de niño sufre el pulso de aceleración longitudinal, comienza a volcar y a desplazarse hacia atrás llegando a recorrer 1.6 m hasta que se detiene por el rozamiento contra el suelo.

3.2.3.1.2 Análisis de las velocidades

Como ya ocurría en el análisis del desplazamiento a lo largo de la componente transversal, la velocidad es poco significativa en esta dirección, ya que sólo se acentúa en la parte final del ensayo, en la que tras el rebote final contra el suelo, el carrito sufre un pequeño desplazamiento lateral.

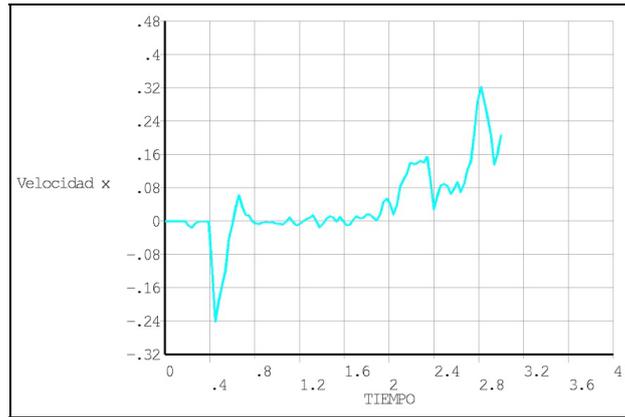


FIGURA 30. VELOCIDAD EN X

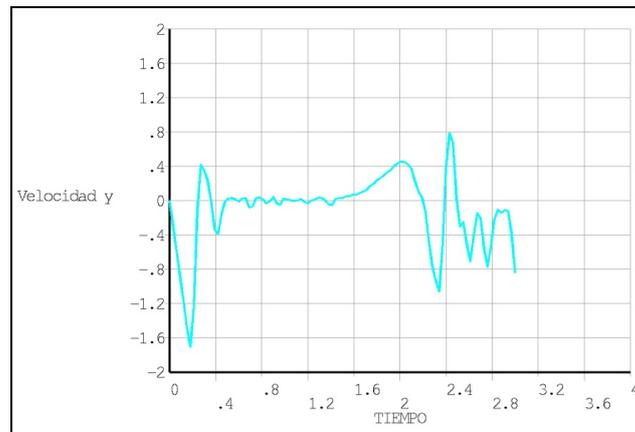


FIGURA 31. VELOCIDAD EN Y.

La velocidad en la componente vertical, comienza a aumentar en el momento en el que el carrito inicia el vuelco y tiene su máximo justo antes del primer impacto, en ese momento se produce un cambio de signo en la velocidad debido a que, por efecto del rebote, el carrito está ascendiendo. Posteriormente la velocidad vuelve a tomar valor nulo debido al segundo impacto. Las últimas oscilaciones visibles en la gráfica se deben a los sucesivos rebotes, ya sin prácticamente importancia en cuanto al análisis de los esfuerzos sufridos por el carrito.

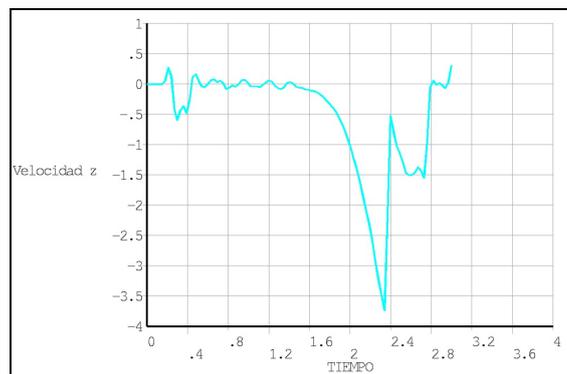


FIGURA 32. VELOCIDAD EN Z.

La velocidad en la componente Z adquiere su valor máximo justo antes del momento del primer impacto, debido a que el carrito vuelca hacia atrás, por lo que está sometido tanto al pulso de aceleración longitudinal, como a la aceleración de la gravedad, por lo que cae por su propio peso, y es en esta caída libre en donde adquiere más velocidad.

3.2.3.1.3 Análisis de las aceleraciones

Como ya se ha descrito a lo largo del estudio de los desplazamientos y de las velocidades, se puede observar el pico de aceleración que sufre el carrito de niño en el primer impacto, próximo a 6g y el posterior pico de aceleración debido al rebote contra el suelo, este bastante más liviano debido a que en el primer impacto se disipa la mayor parte de la energía.

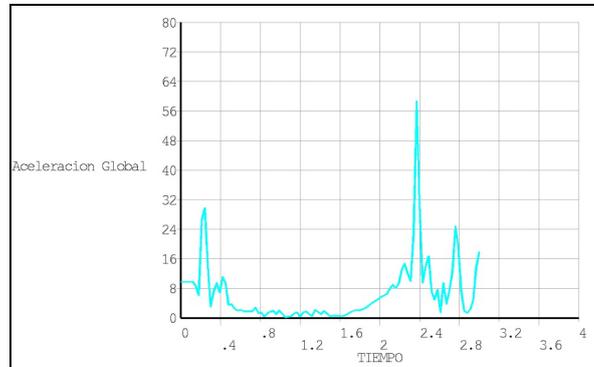


FIGURA 33. ACELERACIÓN GLOBAL.

3.2.3.1.4 Análisis de las tensiones

Como ocurría en el anterior ensayo, las distribución de tensiones que se muestran a continuación corresponden a las tensiones sufridas por todos los nodos del carrito (separadas en las de los elementos tipo Shell 163 y los tipo Beam 161) en el caso final de carga, con el carrito ya volcado.

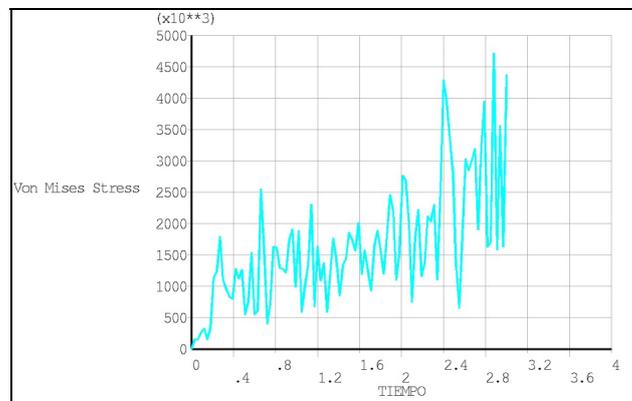


FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES EN EL SHELL 163.

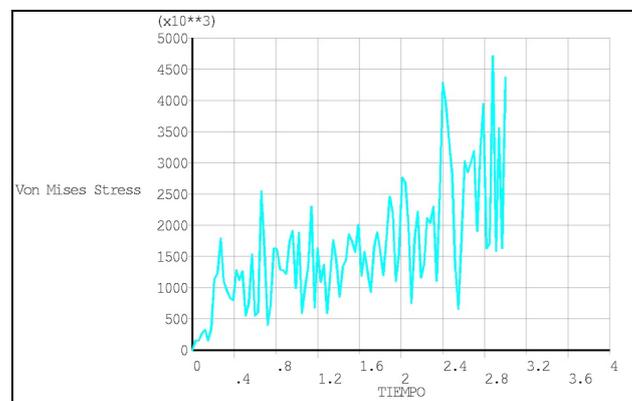


FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES EN EL BEAM 161

3.2.3.2 Análisis de las tensiones de Von Mises

Como en el ensayo anterior, se analiza un nodo próximo al centro de masas del carrito. Se puede observar como desde el momento en el que el carrito inicia el vuelco, empieza a sufrir deformaciones provocando las tensiones que se muestran en la anterior Figura. Como es el último caso de carga, las constantes deformaciones y esfuerzos que ha ido sufriendo el carrito a lo largo del ensayo, provocan que el nodo estudiado sufra tensiones próximas a los 5 MPa.

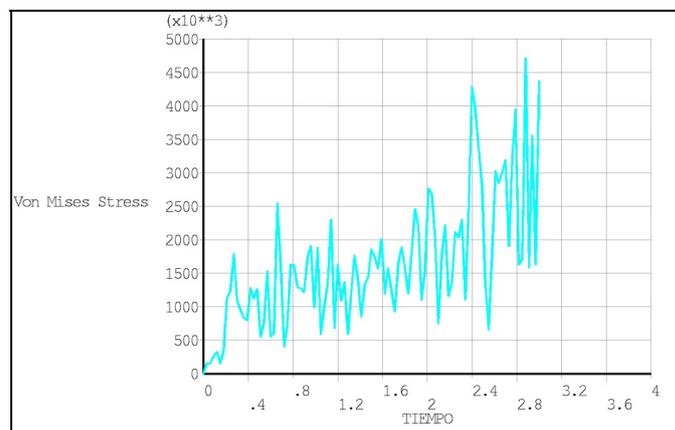


FIGURA 36. TENSIONES DE VON MISES.

3.3 Solicitaciones Exigidas a los CdN y Sistemas de Retención.

A partir de los resultados que se muestran en el apartado 3.1 en relación con los ensayos dinámicos realizados, se pueden concluir y determinar el nivel de sollicitaciones a las que estará sometido un CdN, medidas en función de las aceleraciones máximas alcanzadas sin que el CdN hubiera sufrido ningún golpe o caída en el ensayo realizado. La Tabla 22 siguiente muestra las aceleraciones máximas obtenidas (en términos de la aceleración g) en cada uno de los tres ejes coordenados, teniendo en cuenta los cuatro tipos de ensayos realizados (slalom, frenado, recorrido circular y recorrido urbano), indicando el tipo de ensayo donde se obtuvieron estas aceleraciones máximas. No se ha tenido en cuenta el signo de la aceleración, sino el valor absoluto de la misma.

Máximo Función	Eje /ensayo					
	X(g)/ensayo		Y(g)/ensayo		Z(g)/ensayo	
Aceleración Vehículo	0,8544	Frenado	0,6573	Circular	1,3703	Urbano
Aceleración Marca "A" Modelo "A"	1,0823	Frenado	0,6036	Circular	1,9103	Frenado
Aceleración Marca "C" Modelo "C"	0,7501	Frenado	0,6709	Circular	1,8440	Frenado
Aceleración Marca "B" Modelo "B"	0,8724	Frenado	0,5020	Circular	1,5753	Frenado

TABLA 22. ACELERACIONES MÁXIMAS REGISTRADAS EN LOS TRES ENSAYOS SIN QUE EL CDN SUFRIERA NINGÚN GOLPE O CAÍDA.

Para obtener la fuerza que ha de soportar el sistema de retención, se han tenido en cuenta la masa de los carritos y sus ocupantes, así como las aceleraciones sufridas por estos. No obstante hay que remarcar que las aceleraciones producidas cuando el carrito se golpeo o sufrió una caída, no se tuvieron

en cuenta en estos cálculos. Los resultados se muestran en la Tabla 23, donde se resaltan las fuerzas máximas producidas.

	Marca "A" Modelo "A"	Marca "C" Modelo "C"	Marca "B" Modelo "B"
Peso Carrito	13 Kg	12,2 Kg	5,5 Kg
Peso máximo Niño	20 Kg	20 Kg	15 Kg
Aceleración Máxima X	1,0823 g	0,7501 g	0.8724 g
Aceleración Máxima Y	0,6036 g	0,6709 g	0,5020 g
Fuerza Máxima en X	35 kgf	24 kgf	18 kgf
Fuerza Máxima en Y	20 kgf	21 kgf	10 kgf

TABLA 23. FUERZA MÁXIMA PRODUCIDA EN LOS ENSAYOS EN CIRCUITO CERRADO PARA LOS 3 CdN.

Como podemos observar, las fuerzas máximas se producen, en el eje X para el carrito Marca "A", y en el eje Y para el carrito Marca "C", y son respectivamente de 35 kgf y 21 kgf. El Marca "B" queda muy lejos de estos valores al pesar menos el conjunto carrito-niño.

Aplicando un coeficiente de seguridad del 20% podemos deducir que, un sistema de retención adecuado debería soportar una fuerza de **42 kgf en el eje X y 26 kgf en el eje Y** (ejes según Figura 7) para soportar las maniobras críticas de un autobús **sin colisión**.

La realización de las pruebas prácticas de campo permitió determinar los casos en los que era necesario un sistema de retención, dando ideas sobre cómo debería ser el mismo. Para definir la posible ubicación del CdN en el interior del autobús, y en consecuencia, ubicar los posibles sistemas de retención diseñados, se han determinado unas zonas características dentro del habitáculo del vehículo, como podemos observar en la Figura37:

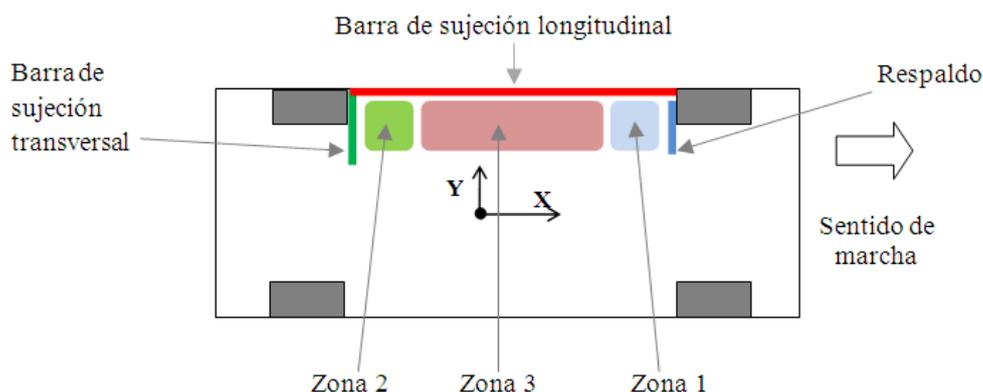


FIGURA 37. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DENTRO DEL AUTOBÚS DE PRUEBAS.

Dichas zonas presentan las siguientes características:

- **Zona 1:** Zona próxima al respaldo de seguridad utilizado por el usuario de una silla de ruedas cuando accede al interior del autobús, y en la que el carrito de niños y el adulto que lo acompaña pueden viajar apoyados en el mismo.

- **Zona 2:** Zona próxima a la puerta de entrada central del autobús, y ubicada junto a la primera fila de asientos posterior, donde el carrito de niños y el adulto que lo acompaña pueden viajar al lado de la barra transversal allí situada.
- **Zona 3:** Zona central del autobús existente entre las dos zonas anteriores, en la que el carrito de niños y el adulto que lo acompaña pueden viajar junto a la pared lateral del autobús.

Conviene realizar algunos comentarios sobre la orientación más adecuada de los carritos de niños en el interior del autobús. Si el carrito se desplaza orientado en posición transversal, va a entorpecer el paso del resto de pasajeros, sobretudo en carritos muy voluminosos (Marca “A”). Por lo tanto esta orientación transversal, tanto desde el punto de vista de la accesibilidad, como también desde el punto de vista de la seguridad sería descartable, ya que la orientación transversal es la que presenta una menor tolerancia a las fuerzas longitudinales, que son las más severas en caso de accidente o colisión, como comprobaremos en posteriores apartados. También a priori, podríamos descartar el desplazamiento en el sentido de la marcha, ya que si el carrito va sujetado por un adulto, en el caso de frenado, éste podría caer del carrito, resultando peligroso para el niño.

Por tanto nos queda la orientación en el sentido contrario a la marcha como una de las más idóneas para el desplazamiento del CdN en el interior del autobús, ubicado en alguna de las tres zonas antes mencionadas, o la alternativa del desplazamiento en el sentido a la marcha, pero sin que el carrito vaya sujetado por un adulto.

Analizando los resultados de las pruebas experimentales, **se concluye que la zona más segura es la Zona 1**, donde el adulto puede viajar con la espalda apoyada en el respaldo y sujetando al CdN, o bien ubicar el CdN apoyado directamente sobre el respaldo. El inconveniente de esta zona es que en el caso de que un usuario de sillas de ruedas coincidiera al mismo tiempo con el CdN, el primero tendría preferencia de uso respecto al segundo, debiendo en tal caso buscar alternativas para el transporte del CdN en otro lugar.

Además se recomienda que, si el carrito se desplaza en la Zona 1, se sitúe en el sentido contrario a la marcha apoyado en el respaldo para PMR y anclado mediante un cinturón de seguridad, que algunos autobuses ya llevan instalado. **En caso de no llevar cinturón de seguridad instalado, un adulto apoyado en el respaldo debería asir al carrito durante el trayecto o situarse al lado de este.** En la Figura 38 podemos observar un ejemplo respaldo PMR con cinturón de seguridad instalado en un autobús de la EMT Valencia.



FIGURA 38. RESPALDO PARA PMR CON CINTURÓN DE SEGURIDAD EN UN AUTOBÚS DE LA EMT VALENCIA.

La alternativa más viable a la Zona 1 es, como ya hemos indicado, el ubicar el carrito en la Zona 2. En este caso, se deberá orientar en el sentido a la marcha con el adulto al lado y **anclado mediante un sistema de retención flexible (cinturón de seguridad) que debería instalarse en el panel transversal** de la primera fila de asientos traseros.

Esta sería la opción más factible cuando la Zona 1 esté ocupada por una SdR, y necesitemos situar un segundo carrito en la Zona 2.

La tercera opción segura sería **instalar otro respaldo, o un sistema de retención basado en un diseño de mampara abatible en la parte central de la Zona 3**, donde podría ir otro carrito de niños, apoyado de forma similar a como se ha descrito para la Zona 1. La Figura 39 muestra un autobús de la EMT Valencia con un respaldo instalado precisamente en la Zona 3.

En el capítulo 4 del presente texto, se describe el sistema de seguridad diseñado en el proyecto de investigación ASUCAR, como consecuencia de los ensayos experimentales y resultados obtenidos en los mismos.



FIGURA 39. RESPALDO INSTALADO EN LA ZONA 3 DE UN AUTOBÚS DE LA EMT VALENCIA.

En el caso de que los **carritos puedan ir plegados** en el interior del autobús, se ha comprobado que, aunque se dispongan de pie o tumbados en el suelo, se mueven por el interior del habitáculo en las diferentes maniobras del vehículo, lo que puede llegar a ser molesto y peligroso para los pasajeros. En el caso de ir de pie en un rincón, el carrito acababa por caer en el 90% de las pruebas. En caso de ir tumbado en el suelo y producirse un frenazo brusco, el carrito recorre varios metros, hasta chocar fuertemente con algún objeto.

Por lo tanto, **es recomendable que tanto si el carro plegado se posiciona con el eje vertical como con el eje horizontal, vaya colocado en algún tipo de habitáculo o zona preparada** (hueco, receptáculo,..) para que no deslice y permanezca en su posición ante cualquier tipo de maniobra que realice el vehículo (frenado, circulación en curva, etc.).

4 Diseño de Ayudas Técnicas para la Retención de CdN en Vehículos de Transporte Público.

El presente capítulo tiene por objeto la descripción de los diferentes sistemas de retención que se han desarrollado a partir de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación ASUCAR. En el mismo se van a describir las características técnicas del sistema de retención para carritos obtenido, así como los diferentes procedimientos de validación experimental llevados a cabo para evaluar su eficiencia. En este sentido, se describirán tanto los resultados obtenidos en las pruebas prácticas llevadas a cabo mediante ensayos con plataforma deceleradora (Sled), como la validación teórico-experimental del modelo teórico de simulación desarrollado, y ya descrito en anteriores apartados. Las conclusiones obtenidas de este proceso de desarrollo y posterior validación, permitirán establecer con garantías las recomendaciones, expresadas en forma de *Código de Buenas Prácticas*, sobre la utilización de carritos de niños en vehículos de transporte público. Dicho código será presentado en el siguiente capítulo de la presente obra.

4.1 Diseño de Sistemas de Retención para CdN en Vehículos de Transporte.

El estudio preliminar de los diferentes sistemas de retención relacionados con la protección de niños cuando son transportados en vehículos de transporte (turismos y autobuses), ha permitido deducir que no existen en la actualidad dispositivos aplicados explícitamente para la retención de carritos de niños en vehículos de transporte público. No se ha encontrado ninguna referencia bibliográfica publicada sobre sistemas de retención de carritos, ni guías de buenas prácticas, que determinen y definan las condiciones de seguridad más idóneas para este tipo de transporte. El análisis del estado del arte sobre las posibles patentes relacionadas con el tema, ha determinado que **no se existe ninguna patente de sistema de retención específico de CdN en autobuses, ni en el ámbito nacional ni en el internacional**. Las únicas patentes que se han encontrado con una mínima relación con los sistemas de retención infantiles, corresponden a asientos de seguridad para niños en vehículos de tipo turismo (sillas infantiles de los grupos 0 y 1), y de propósito general.

Actualmente no existe en el mercado ninguna solución constructiva que permita sujetar los carritos de niños cuando viajan en un autobús. No obstante, sí se pueden encontrar sistemas de sujeción (por ejemplo los cinturones de seguridad) utilizados en otras aplicaciones similares como el transporte de usuarios en sillas de ruedas, pero que en el caso de los carritos de niños, suponen un problema importante derivado de la diversidad y la dificultad de establecer un sistema estándar y universal aplicable a todas las configuraciones de carritos. En la práctica, se podrían generar situaciones en las que un adulto podría tardar un tiempo importante en decidir la instalación del carrito mientras el autobús ha iniciado la marcha, provocando así la pérdida de equilibrio del acompañante del niño. Incluso, con determinadas configuraciones de carritos y durante algunas maniobras típicas de vehículos de transporte público urbano (circulación en curvas, rotondas, adelantamientos en slalom, etc.), éste podría llegar a volcar, provocando graves consecuencias para la salud del niño.

Por otra parte, se ha analizado el mejor posicionamiento del carrito durante su traslado en el vehículo, deduciendo que la zona ubicada junto a la mampara de apoyo de la silla de ruedas (Zona 1), constituye

la solución más favorable que, sin embargo, no permite el transporte simultáneo y en el mismo lugar de un niño en su sillita y de una persona de movilidad reducida (PMR) en la suya.

En consecuencia, creemos que el dispositivo que se ha desarrollado en el presente proyecto es el primero utilizado para este propósito en el mercado, ya que además representa una solución estándar y universal para todos los carritos de niños, que se puede aplicar con una sola mano y presenta las mismas ventajas que la mampara utilizada para las PMR.

4.1.1 Sistema de Retención basado en la Mampara Abatible.

El sistema de retención para la sujeción de carritos de niños diseñado y desarrollado en el presente proyecto, está pensado para ser utilizado en la **Zona 3** anteriormente descrita (ver figura 36), ya que se considera como **la más idónea para ubicar la mampara lateral que servirá de sistema de seguridad para el carrito**. La figura 40 muestra gráficamente el lugar donde deberá instalarse este sistema dentro del habitáculo del vehículo de transporte.

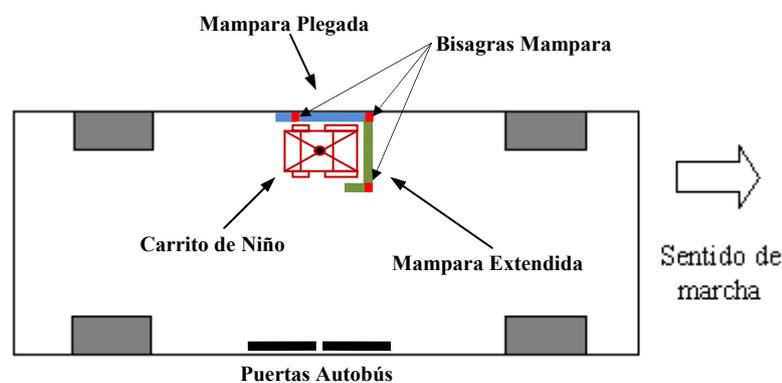


FIGURA 40. SITUACIÓN DE LA MAMPARA ABATIBLE EN EL INTERIOR DEL AUTOBÚS.

Las características técnicas que definen el diseño del sistema de seguridad para la retención del carrito de niños se resumen a continuación:

- El sistema de seguridad para la retención del carrito, consistirá en una mampara abatible situada y anclada en la pared lateral del habitáculo del autobús, en la zona comprendida entre el espacio reservado para la silla de ruedas y el panel de separación de la primera fila de asientos posterior (ver figuras 37 y 40).
- La mampara está constituida por dos piezas articuladas alrededor de un par de anclajes que en posición de reposo están pegadas a la pared, y cuando están en posición de funcionamiento están desplegadas a 90 grados en posición perpendicular a la pared del vehículo (figuras 41 y 42). La pieza más grande de la mampara queda en sentido perpendicular a la pared del vehículo, y la pieza más pequeña puede girar 90 grados, a su vez, respecto a la pieza más grande, quedando en posición de trabajo en un plano paralelo a la pared del vehículo, y actuando como una lengüeta que previene y retiene el movimiento lateral del carrito.
- Tanto la articulación que une el panel más grande de la mampara a la pared, como la que une el panel más pequeño al panel más grande, disponen de un sistema de enclavamiento

que impide que el panel siga girando, obligando a posicionarse a 90 grados de forma fija. Ambas articulaciones disponen de un sistema de desenclavamiento que permite regresar a la posición inicial de partida y plegado sobre la pared.

- Los puntos de anclaje de la mampara a la pared, pueden estar unidos a un par de guías encastradas en el lateral del vehículo, y permiten el desplazamiento a lo largo de la misma, con objeto de ajustar el espacio requerido al tamaño del carrito utilizado (ver figuras 41 y 42). Existirá un mecanismo que asegurará la posición fija del punto de anclaje sobre la guía durante el funcionamiento del vehículo, y que no impedirá el despliegue de los paneles de la mampara.
- El material con que están fabricadas las dos piezas que constituyen la mampara puede ser acero, aluminio o plástico, con resistencia suficiente para soportar las cargas de diseño. Ambos paneles pueden estar acolchados para facilitar el contacto con el carrito de niños.

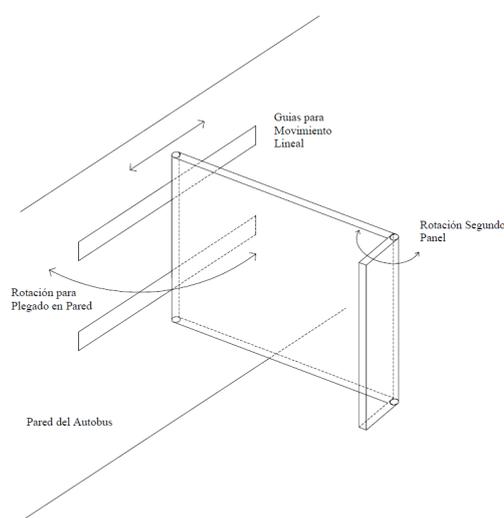


FIGURA 41. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAMPARA ABATIBLE.

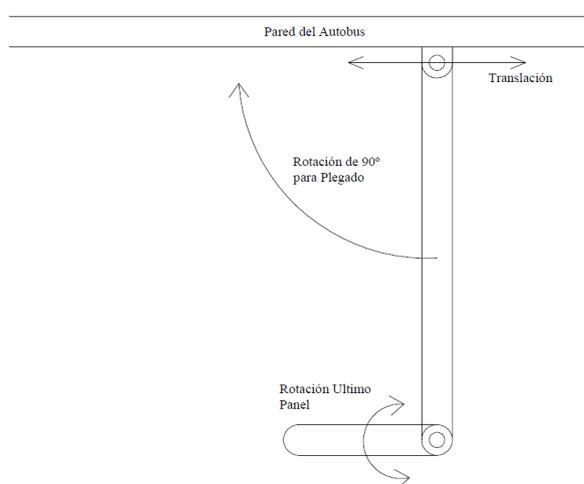


FIGURA 42. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAMPARA ABATIBLE.

4.2 Análisis Experimental de los Sistemas Retención para CdN en Vehículos de Transporte.

En el presente apartado se describirán los ensayos dinámicos realizados a los sistemas de retención diseñados y fabricados en el curso del proyecto, los cuales permitirán conocer la resistencia mecánica ante diferentes tipos de esfuerzos. Los ensayos dinámicos reproducen impactos frontales de vehículos de transporte público. Se han efectuado sobre módulos representativos de la estructura del autobús a los que se les han instalado las ayudas técnicas desarrolladas en el proyecto, para así poder evaluar el comportamiento de los prototipos del sistema de retención del CdN.

4.2.1 Pruebas realizadas

4.2.1.1 Procedimiento

Los ensayos se llevaron a cabo en las instalaciones del INSIA-UPM. Se realizaron ensayos en catapulta con distintas combinaciones de carritos de niños, posición en el autobús, orientación del CdN, maniquí y sistema de seguridad.

4.2.1.2 Material utilizado en las pruebas

4.2.1.2.1 Carritos de niño utilizados

Las características principales de los carritos seleccionados para la realización de las pruebas en plataforma deceleradora se resumen en la siguiente tabla 24.

<i>Marca</i>	<i>MARCA "A"</i>	<i>MARCA "B"</i>	<i>MARCA "C"</i>	<i>MARCA "D"</i>
<i>Modelo</i>	<i>MODELO "A"</i>	<i>MODELO "B"</i>	<i>MODELO "C"</i>	<i>MODELO "D"</i>
<i>Tipo</i>	Silla modular	Silla de paseo	Silla modular	Silla modular
<i>Elemento</i>	Capazo / Silla de paseo / Silla de viaje	Silla de paseo	Capazo / Silla de paseo / Silla de viaje	Capazo / Silla de paseo / Silla de viaje
<i>Tipo de vía</i>	Distinta vía	Misma vía	Distinta vía	Misma vía
<i>Chasis</i>	Barra telescópica	Triángulo rectángulo	Chasis λ	Chasis λ
<i>Plegado</i>	Libro	Paraguas	Libro	Paraguas

TABLA 24. CARRITOS DE NIÑOS UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS.

4.2.1.2.2 Maniqués utilizados

Para la realización de los ensayos se utilizaron los siguientes maniqués (ver figura 43):

- **Maniquí recién nacido:** utilizado para la caracterización del capazo.
- **Maniquí de 9 meses:** utilizado para la caracterización de la silla de paseo y la silla de viaje.
- **Maniquí de 3 años:** utilizado para la caracterización de la silla de paseo.



FIGURA 43. MANIQUÍES USADOS EN LOS ENSAYOS

Como maniquí de 3 años se ha utilizado el modelo de maniquí *Teneo-P3*, en cambio como maniquí recién nacido y de 9 meses se han fabricado unos maniqués representativos con el peso correspondiente, según se define en el Reglamento 44, tal y como se definen en las siguientes tablas 25 y 26:

Componente	Masa en kg por grupo de edad							
	9 meses		3 años		6 años		10 años	
Cabeza +	2,20	± 0,10	2,70	± 0,10	3,45	± 0,10	3,60	± 0,10
Torso	3,40	± 0,10	5,80	± 0,15	8,45	± 0,20	12,30	± 0,30
Superior	0,70	± 0,05	1,0	± 0,05	1,85	± 0,10	2,00	± 0,10
Inferior	0,45	± 0,05	0,70	± 0,05	1,15	± 0,05	1,60	± 0,10
Superior	1,40	± 0,05	3,00	± 0,10	4,10	± 0,15	7,50	± 0,15
Inferior	0,85	± 0,05	1,70	± 0,10	3,00	± 0,10	5,00	± 0,15
Total	9,00	± 0,20	15,00	± 0,30	22,00	± 0,50	32,00	± 0,70

TABLA 25. DESCRIPCIÓN DE LOS PESOS DEL MANIQUÍ DE 9 MESES

Cabeza y cuello	0,7 kg
Torso	1,1 kg
Brazos	0,5 kg
Piernas	1,1 kg
Masa total	3,4 kg

TABLA 26. DESCRIPCIÓN DE LOS PESOS DEL MANIQUÍ RECIÉN NACIDO

4.2.2 Modulo de autobús.

Para los ensayos dinámicos se utilizó un módulo representativo de un autobús urbano. Se realizaron ensayos sobre las tres posibles zonas de ubicación del CdN, ya definidas anteriormente (Figura 37), y mostradas en la siguiente figura 44.

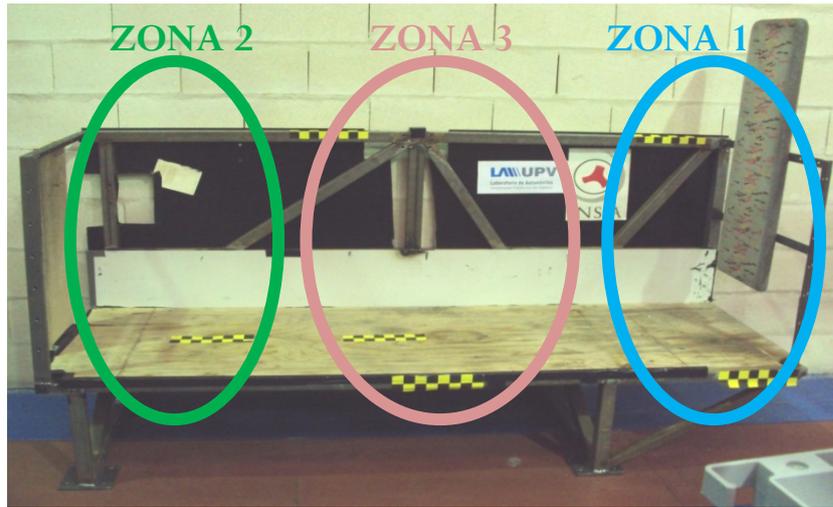


FIGURA 44. MÓDULO DE ENSAYO REPRESENTATIVO DEL AUTOBÚS.

4.2.3 Sistemas de seguridad

Para la realización de los ensayos, se utilizaron distintos sistemas de seguridad en el módulo del autobús, representado las posibles situaciones en la que se puede colocar el CdN. La figura 45 muestra las diferentes tipologías de sistemas de retención utilizados en cada zona del módulo de vehículo. En la Zona 1 del módulo de ensayo, se colocó la mampara trasera típica de los sistemas de retención para usuarios de SdR. En la Zona 2, se instaló un cinturón de seguridad en la barra de sujeción vertical de la mampara, idéntico a los que se utilizan como sistema de retención para usuarios de SdR. En la parte central de la Zona 3, se instaló una tabla abatible, prototipo desarrollado para la utilización específica en esta zona del autobús.

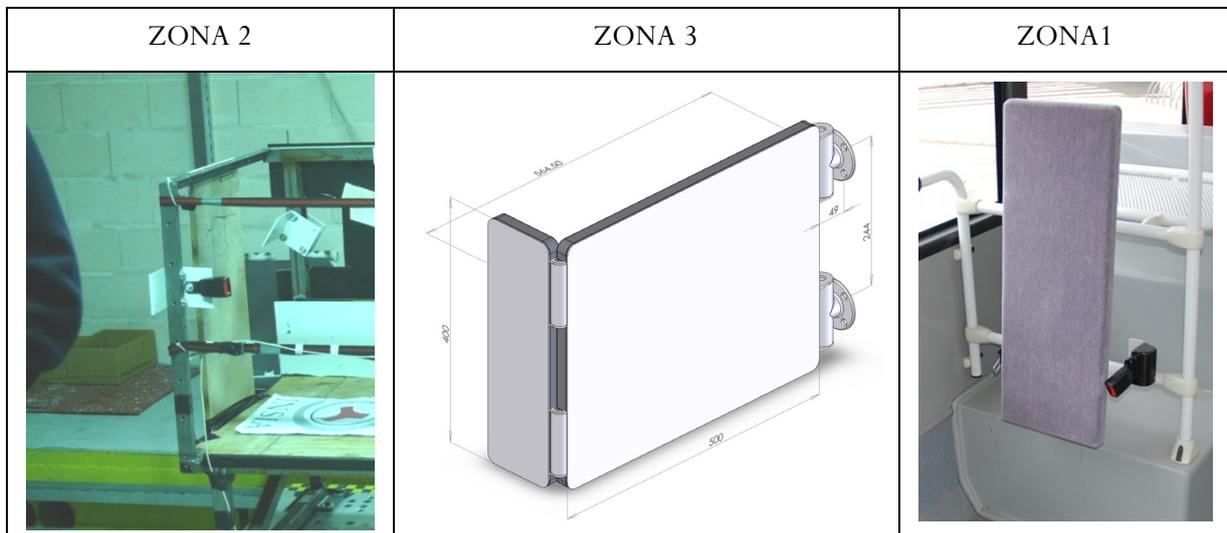


FIGURA 45. SISTEMAS DE SEGURIDAD UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS

4.2.3.1 Equipo utilizado para la realización de los ensayos

4.2.3.1.1 Simulador de impacto

El simulador de impacto es un equipo utilizado para reproducir pulsos de deceleración similares a los que sufren los componentes, sistemas embarcados y ocupantes en los vehículos en caso de impacto. El trineo o “sled” es acelerado hasta una velocidad de impacto definida y posteriormente frenado por un sistema de tubos de poliuretano o panel de aluminio, según los pulsos de deceleración que se quieran reproducir. En la siguiente tabla 27 se muestran las especificaciones del equipo.

ESPECIFICACIONES DEL SIMULADOR DE IMPACTOS	
<i>Masa máxima del componente a ensayar</i>	600 kg
<i>Velocidad máxima de impacto</i>	55 km/h.
<i>Posibilidad de simular pulsos</i>	R80, Directiva 96/37, R44, ISO7176, AS2942, ISO/DIS 10542-2. Posibilidad de reproducir pulsos específicos
<i>Canales embarcados</i>	Hasta 64
<i>Sistema de filmación de alta velocidad</i>	Hasta 4000 imágenes/segundo
<i>Generador de eventos</i>	Disparo de hasta 8 airbags
<i>Maniqués de impacto</i>	Maniqués de impacto frontal 50% percentil Hybrid III. Maniqués de impacto lateral 50% percentil EuroSID1/SID2.
<i>Otros</i>	Acelerómetros, células de carga y potenciómetros para instalar en los maniqués según requisitos de ensayo.

TABLA 27. CARACTERÍSTICAS DEL SIMULADOR DE IMPACTOS

4.2.3.1.2 Instrumentación adicional

Para medir las aceleraciones en uno de los carritos se utilizará un acelerómetro triaxial modelo 4630 del fabricante la marca MEASUREMENT SPECIALITIES cuyo rango máximo es de 50g.

Acelerómetros 4630 Triaxial	
Fabricante	Measurement specialities
Código del modelo	4630
Código de referencia del sensor	A048147 A048148
Rango	50 g (0-5 V)
Ganancia	40 mV/g
Cero de las medidas	2.5 V
Frecuencia	1000 Hz
Alimentación	12 V Según hoja de características: 8- 24 V

TABLA 28. CARACTERÍSTICAS DEL ACELERÓMETRO COLOCADO EN EL CdN

En todos los casos, el acelerómetro se situó lo más cerca posible del centro de gravedad del carrito y con los ejes orientados de tal forma que el eje X coincida con el eje longitudinal del CdN en el sentido de marcha del carrito (ver figura 46). Las tablas 29, 30 y 31 siguientes muestran respectivamente la ubicación de los sensores en los carritos Marca “A” Modelo “A”, Marca “B” Modelo “B” y Marca “C” Modelo “C”.



FIGURA 46. ORIENTACIÓN DE LOS EJES EN EL CDN

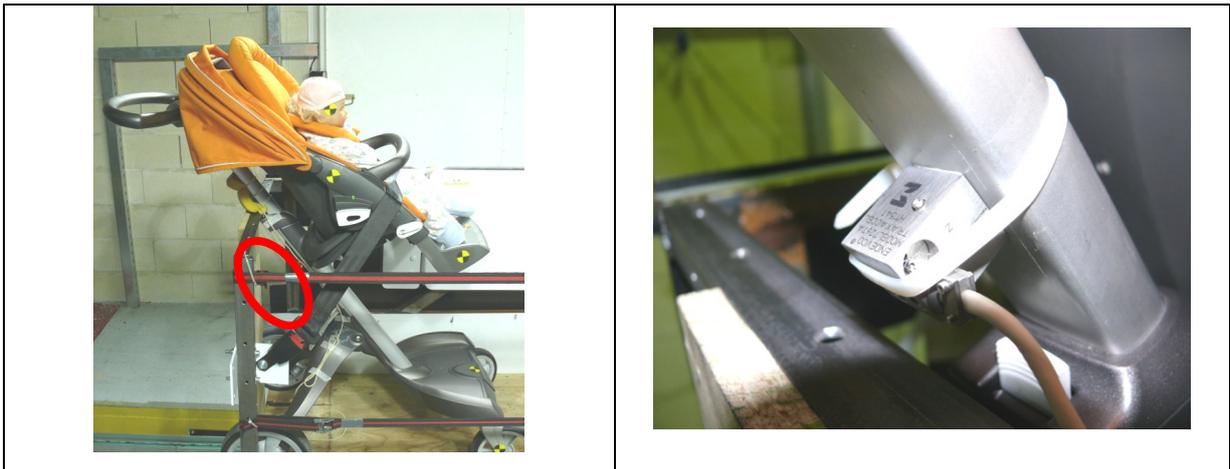


TABLA 29. SITUACIÓN DEL ACELERÓMETRO EN EL CARRITO MARCA "A" MODELO "A"



TABLA 30. SITUACIÓN DEL ACELERÓMETRO EN EL CARRITO MARCA "B" MODELO "B"

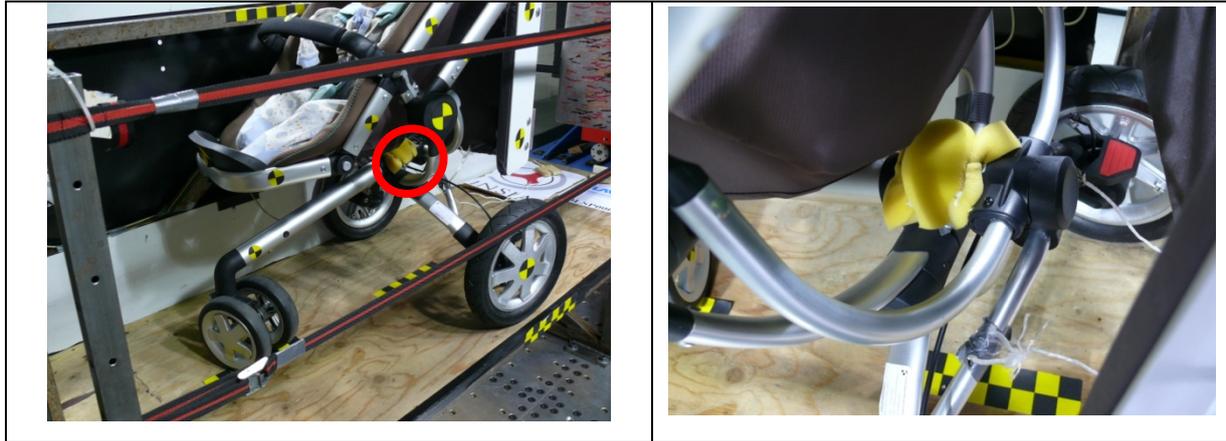


TABLA 31. SITUACIÓN DEL ACELERÓMETRO EN EL CARRITO MARCA “C” MODELO “C”

En aquellos ensayos en los que se utilizaba un sistema de retención basado en un cinturón de seguridad (zona 2), se instaló una célula de carga para medir de los esfuerzos del mismo, colocado tal y como se indica en la siguiente figura 47. Las características técnicas de la célula de carga se muestran en la tabla 32.



FIGURA 47. LOAD CELL EL20-16KN.

Load Cell EL20-16KN	
Fabricante	Entran Sensors and Electronics
Código del modelo	EL20-16KN
Rango	16000 N (0-10 V)
Ganancia	21.29 mV/FS

TABLA 32. CARACTERÍSTICAS DE LA CÉLULA DE CARGA COLOCADA EN EL CINTURÓN

4.2.3.2 Listado de ensayos

La estrategia seguida para la realización de las pruebas consistió en la preparación de una batería de ensayos, representativa de los modelos de carritos y configuraciones de transporte más utilizadas, y que proporcionara un abanico de posibilidades susceptible de poder obtener conclusiones relevantes sobre los resultados obtenidos. Dicha batería de pruebas se muestra en la siguiente tabla 33, donde se presenta la configuración de cada uno de los ensayos realizados.

N° ENSAYO	ORIENTACIÓN CARRO	TIPO CARRO	MANIQUÍ	CONFIGURACIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD
10LSP0006E03	Hacia delante	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E04	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
10LSP0006E05	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E08	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	P3	Silla de paseo	Mampara trasera
10LSP0006E09	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
10LSP0006E10	Hacia atrás	Marca "B" Modelo "B"	P3	Silla de paseo	Mampara trasera
10LSP0006E11	Hacia atrás	Marca "B" Modelo "B"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
10LSP0006E12	Hacia delante	Marca "B" Modelo "B"	P3	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E13	Hacia atrás	Marca "C" Modelo "C"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
10LSP0006E14	Hacia delante	Marca "C" Modelo "C"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E15	Hacia delante	Marca "D" Modelo "D"	Lastre 9 meses	Silla de paseo Respaldo horizontal	Cinturón de seguridad
10LSP0006E16	Hacia atrás	Marca "C" Modelo "C"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)

TABLA 33. LISTADO DE ENSAYOS REALIZADOS

En la siguiente tabla 34 se presentan los ensayos realizados (cajas marcadas con una X) combinando los sistemas del seguridad con el tipo de carrito, la orientación y el maniquí utilizado.

	ORIENTACIÓN CARRO	MANIQUÍ	SISTEMA DE SEGURIDAD		
			Cinturón de seguridad	Tabla abatible (prototipo)	Mampara trasera
Marca "A" Modelo "A"	Hacia delante	Lastre 9m	X		
		P3			
	Hacia atrás	Lastre 9m	X	X	
		P3			X
Marca "B" Modelo "B"	Hacia delante	Lastre 9m			
		P3	X		
	Hacia atrás	Lastre 9m		X	
		P3			X
Marca "C" Modelo "C"	Hacia delante	Lastre 9m	X		
		P3			
	Hacia atrás	Lastre 9m		X	
		P3			
Marca "D" Modelo "D"	Hacia delante	Lastre 9m	X		
		P3			
	Hacia atrás	Lastre 9m			
		P3			

TABLA 34. LISTADO DE ENSAYOS REALIZADOS EN FORMATO TABLA COMBINADA.

4.2.3.3 Curva de deceleración aplicada

Con la realización del ensayo, se pretende analizar los esfuerzos transmitidos sobre el CdN en una maniobra de frenado en línea recta. Debido a que la velocidad con la que se circula en un circuito urbano es muy baja, se ha estimado que, en lugar de reproducir un ensayo de frenado acorde a alguna norma o directiva, se va a generar una rampa de aceleración especial representativa de lo que ocurre en realidad. Sobre la combinación a ensayar, se aplica una curva de deceleración que garantice al menos 2 g durante 200 mseg. De esta forma, se considera que se representa el frenado en línea recta en un autobús realizando un circuito urbano.

4.2.4 Resultados obtenidos

Como ejemplo del tipo de resultados y análisis efectuados en cada uno de los ensayos, en el presente texto sólo se describirán las gráficas correspondientes a uno de ellos, ya que su formato es representativo del resto. A continuación se presentan los resultados gráficos obtenidos en el ensayo 10LSP0006E10, correspondientes a las gráficas de la instrumentación del trineo o catapulta, el carrito de niños y el maniquí P3.

4.2.4.1 Ejemplo Ensayo 10LSP0006E10

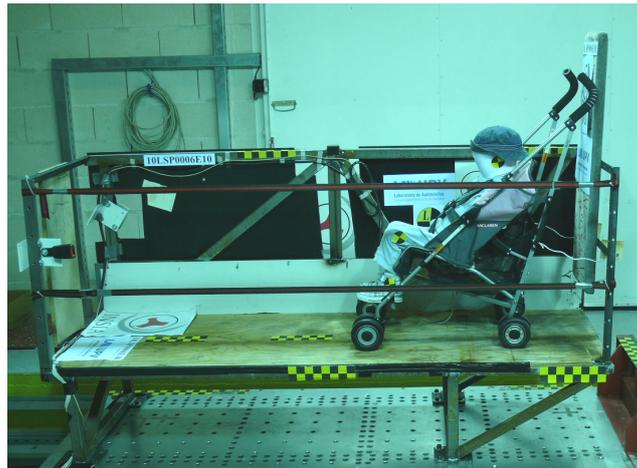


FIGURA 48. CONFIGURACIÓN ENSAYO 10LSP0006E10.

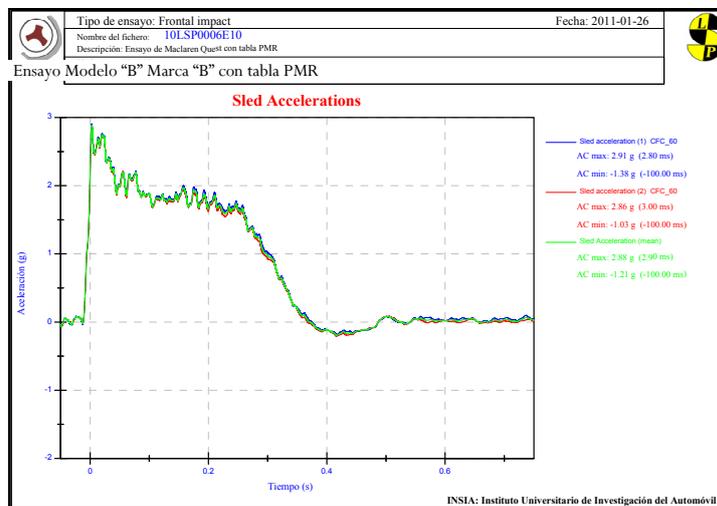


FIGURA 49. ENSAYO 10LSP0006E10: ACELERACIÓN EN EL SLED.

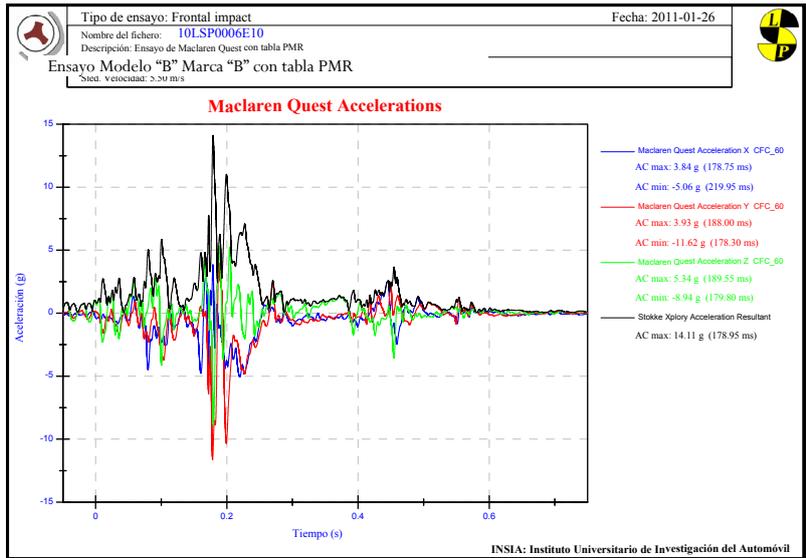


FIGURA 50. ENSAYO 10LSP0006E10: ACELERACIÓN EN EL CDN.

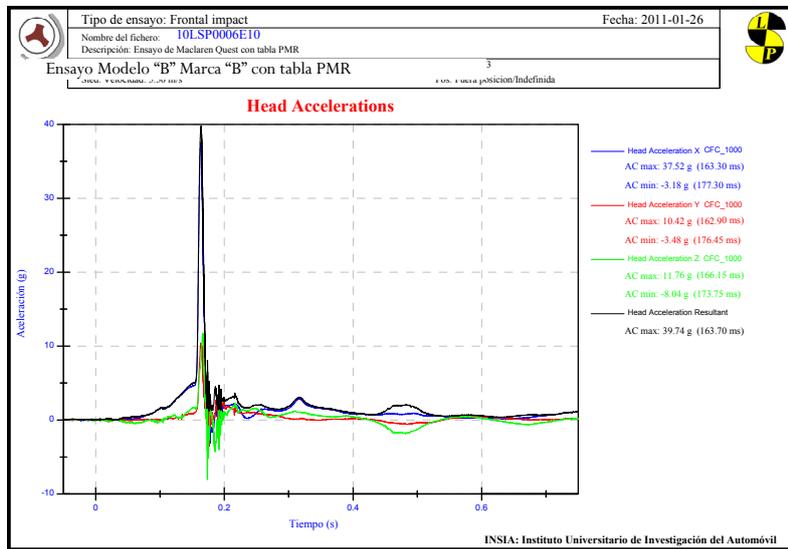


FIGURA 51. 10LSP0006E10: ACELERACIÓN EN LA CABEZA DEL MANIQUÍ P3.

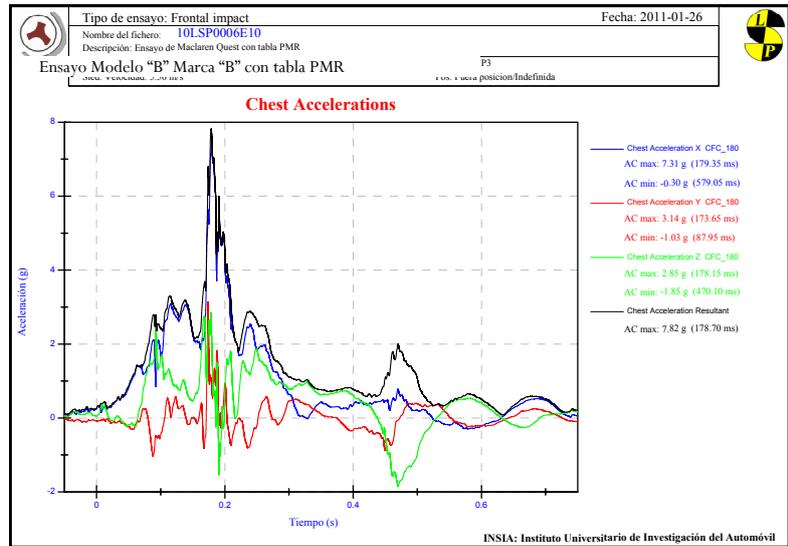


FIGURA 52. 10LSP0006E10: ACELERACIÓN EN EL TÓRAX DEL MANIQUÍ P3.

4.2.4.2 Resumen del estado final de los CdN

A continuación se muestra la tabla 35 en la que se resumen los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados, definiendo el estado final del sistema de seguridad y del carrito de niño.

Nº ENSAYO	ORIENTACIÓN CARRO	TIPO CARRO	MANIQUÍ	CONFIGURACIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD
10LSP0006E03	Hacia delante	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
	El cinturón de seguridad funcionó adecuadamente. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E04	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
	La tabla abatible no soporto el peso del CdN durante el ensayo y se abrió, provocando que el carrito rotase sobre las ruedas traseras y se desplazará hasta apoyar a sobre la tabla trasera. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E05	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
	En cinturón de seguridad contuvo el movimiento longitudinal del CdN pero provoco un giro respecto de las ruedas traseras que no se convirtió en vuelco. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E08	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	P3	Silla de paseo	Mampara trasera
	El carrito se mantuvo apoyado sobre la mampara de seguridad. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E09	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
	El carrito se mantuvo apoyado sobre la tabla abatible, aunque pivotó ligeramente sobre las ruedas traseras. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E10	Hacia atrás	Marca "B" Modelo "B"	P3	Silla de paseo	Mampara trasera
	El carrito se mantuvo apoyado sobre la mampara de seguridad. El maniquí se golpeo con la cabeza en la mampara.				
10LSP0006E11	Hacia atrás	Marca "B" Modelo "B"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
	El carrito se mantuvo apoyado sobre la tabla abatible. El maniquí se golpeo con la cabeza en la mampara.				
10LSP0006E12	Hacia delante	Marca "B" Modelo "B"	P3	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
	El carrito se mantuvo sujeto con el cinturón de seguridad, aunque pivotó ligeramente sobre las ruedas traseras. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E13	Hacia atrás	Marca "C" Modelo "C"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
	El carrito se mantuvo apoyado sobre la tabla abatible, aunque pivotó ligeramente sobre las ruedas traseras y después levanto todas las ruedas impactando contra la tabla. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E14	Hacia delante	Marca "C" Modelo "C"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
	El carrito se mantuvo sujeto con el cinturón de seguridad. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E15	Hacia delante	Marca "D" Modelo "D"	Lastre 9 meses	Silla de paseo Respaldo horizontal	Cinturón de seguridad
	El carrito se mantuvo sujeto con el cinturón de seguridad. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				
10LSP0006E16	Hacia atrás	Marca "C" Modelo "C"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Tabla abatible (prototipo)
	El carrito se mantuvo apoyado sobre la tabla abatible. En este ensayo ni el carrito ni el maniquí sufrieron daños aparentes.				

TABLA 35. TABLA RESUMEN DEL ESTADO FINAL DE LOS CDN DESPUÉS DE LOS ENSAYOS.

4.2.5 Aceleraciones obtenidas en el carrito

En la tabla 36 se muestran las máximas aceleraciones obtenidas en el carrito en función del tipo de sistema de seguridad utilizado:

	ORIENTACIÓN CARRO	MANIQUÍ	SISTEMA DE SEGURIDAD		
			Cinturón de	Tabla abatible (prototipo)	Mampara trasera
<i>Marca "A" Modelo "A"</i>	Hacia delante	Lastre 9m	4.41	-----	-----
		P3	-----	-----	-----
	Hacia atrás	Lastre 9m	10.18	20.60 / 8.50	-----
		P3	-----	-----	24.40
<i>Marca "B" Modelo "B"</i>	Hacia delante	Lastre 9m	-----	-----	-----
		P3	3.59	-----	-----
	Hacia atrás	Lastre 9m	-----	7.28	-----
		P3	-----	-----	14.11
<i>Marca "C" Modelo "C"</i>	Hacia delante	Lastre 9m	5.50	-----	-----
		P3	-----	-----	-----
	Hacia atrás	Lastre 9m	-----	14.08 / 5.38	-----
		P3	-----	-----	-----
<i>Marca "D" Modelo "D"</i>	Hacia delante	Lastre 9m	5.69	-----	-----
		P3	-----	-----	-----
	Hacia atrás	Lastre 9m	-----	-----	-----
		P3	-----	-----	-----

TABLA 36. ACELERACIONES OBTENIDAS EN EL CARRITO

De la tabla anterior se desprende que el sistema que transmite las aceleraciones más pequeñas a los CdN es el cinturón de seguridad. Cuando el carrito se coloca orientado hacia atrás, el sistema que menos aceleraciones transmite al carrito es la tabla abatible, pues los esfuerzos transmitidos respecto de la mampara trasera para la misma configuración pueden llegar a reducirse en un 34 % en el caso de la Marca "B" Modelo "B" y un 52 % en el caso de la Marca "A" Modelo "A".

4.2.6 Esfuerzos obtenidos en los cinturones (sistema de retención del CdN)

En la siguiente tabla 37 se muestran los ensayos que se han realizado en la zona 2 de la estructura representativa del autobús, es decir, los casos en los que se ha utilizado como sistema de retención del CdN el cinturón de seguridad.

Nº ENSAYO	ORIENTACIÓN CARRO	TIPO CARRO	MANIQUÍ	CONFIGURACIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD
10LSP0006E03	Hacia delante	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E05	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E12	Hacia delante	Marca "B" Modelo "B"	P3	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E14	Hacia delante	Marca "C" Modelo "C"	Lastre 9 meses	Silla de paseo	Cinturón de seguridad
10LSP0006E15	Hacia delante	Marca "D" Modelo "D"	Lastre 9 meses	Silla de paseo Respaldo horizontal	Cinturón de seguridad

TABLA 37. RELACIÓN DE ENSAYO DONDE SE HA UTILIZADO CON SISTEMA DE SEGURIDAD EL CINTURÓN

En estos casos, se han medido los esfuerzos generados en el sistema de seguridad, en la siguiente tabla se observan los valores obtenidos:

Nº ENSAYO	ORIENTACIÓN CARRO	TIPO CARRO	ESFUERZOS EN EL CINTURÓN
10LSP0006E03	Hacia delante	Marca "A" Modelo "A"	615 N
10LSP0006E05	Hacia atrás	Marca "A" Modelo "A"	900.68 N
10LSP0006E12	Hacia delante	Marca "B" Modelo "B"	389.14 N
10LSP0006E14	Hacia delante	Marca "C" Modelo "C"	707.09 N
10LSP0006E15	Hacia delante	Marca "D" Modelo "D"	288.63 N

TABLA 38. ESFUERZOS EN EL CINTURÓN.

Como se puede observar el esfuerzo máximo medido en el cinturón es de 900 N, valor muy inferior al ensayo definido en la Directiva 2001/85/CE relativa a las disposiciones especiales aplicables a los vehículos utilizados para el transporte de viajeros con más de ocho plazas además del asiento del conductor, que establece que el cinturón debe soportar una fuerza de 2500 N.

En la siguiente tabla 39 se muestra la relación entre el esfuerzo al que ha sido sometido el cinturón, como sistema de retención del CdN en el autobús, y el peso del carrito de niño más el maniquí correspondiente. El peso de los CdN se ha obtenido de los ensayos in-situ realizados en las entidades colaboradoras del proyecto.

ENSAYO	CARRITO	ESFUERZO CINTURÓN (N)	PESO CdN + Maniquí P3 (N)	ESFUERZO/PESO
10LSP0006E03	Marca "A" Modelo "A"	615	277	45%
10LSP0006E05	Marca "A" Modelo "A"	900	277	31%
10LSP0006E12	Marca "B" Modelo "B"	389	211	54%
10LSP0006E14	Marca "C" Modelo "C"	707	297	42%
10LSP0006E15	Marca "D" Modelo "D"	288	255	88%

TABLA 39. RELACIÓN ENTRE EL ESFUERZOS EN EL CINTURÓN Y EL PESO TOTAL DEL CdN.

Como se puede comprobar en la tabla anterior, el esfuerzo en los cinturones, respecto del peso del carrito con el maniquí ensayado, se incrementa entre un 30-45%, excepto en los casos de los ensayos con los carritos más livianos (Marca "B" Modelo "B" y Marca "D" Modelo "D"), en los que la relación

esfuerzo/peso es mayor, pero que en orden de magnitud es muy pequeña, ya que los esfuerzos en el cinturón y el peso son muy parecidos.

4.2.7 Criterio de lesión en cabeza (HIC)

De todos los ensayos realizados, solo se han obtenido datos de impacto del maniquí en la cabeza y en el pecho, en los que se ha utilizado el maniquí P3. La configuración de estos ensayos se presenta en la tabla 40.

	ORIENTACIÓN CARRO	SISTEMA DE SEGURIDAD	Nº ENSAYO
Marca "A" Modelo "A"	Hacia atrás	Mampara trasera	10LSP0006E08
Marca "B" Modelo "B"	Hacia atrás	Mampara trasera	10LSP0006E10
Marca "B" Modelo "B"	Hacia delante	Tabla abatible	10LSP0006E11

TABLA 40. RELACIÓN DE ENSAYOS CON MANIQUÍ P3

A continuación, se muestran las gráficas de las aceleraciones que se producen en la cabeza del maniquí, así como los resultados para el HIC usando intervalos de tiempo máximo de 15 o 36 ms.

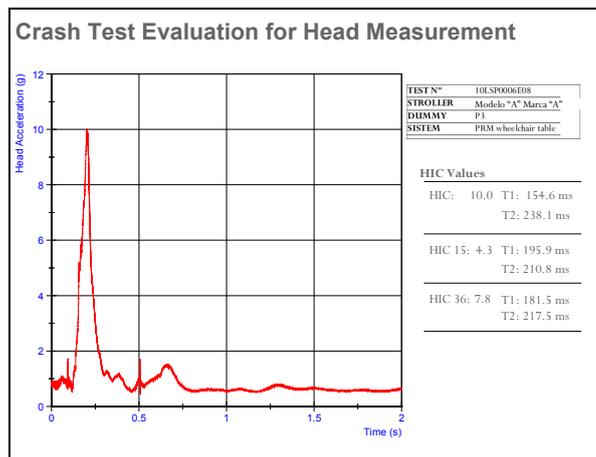


FIGURA 53. ACELERACIÓN EN LA CABEZA EN EL ENSAYO Nº 10LSP0006E08

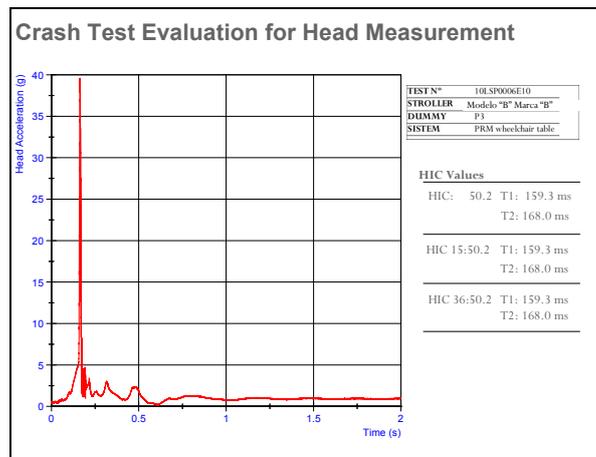


FIGURA 54. ACELERACIÓN EN LA CABEZA EN EL ENSAYO Nº 10LSP0006E10

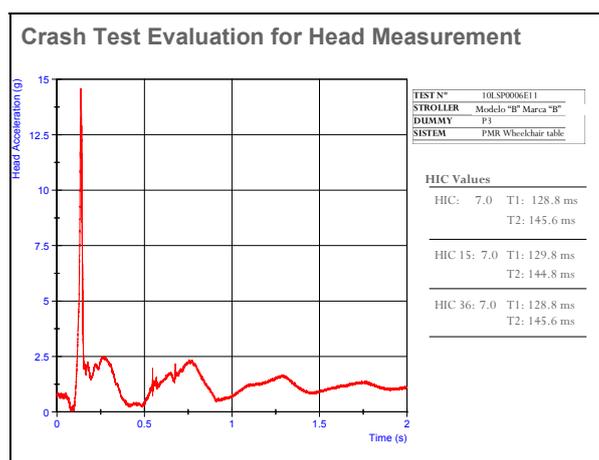


FIGURA 55. ACELERACIÓN EN LA CABEZA EN EL ENSAYO Nº 10LSP0006E11

Como se puede observar en las figuras 53 a 55, el valor máximo obtenido de HIC es de 10, valor muy alejado de los límites aceptados en los protocolos de impacto más habituales ($HIC_{15}=700$ ó $HIC_{36}=1000$, para un maniquí del 50% adulto masculino). En todo caso es necesario señalar que estos valores son únicamente orientativos dado que el maniquí empleado no tiene la biofidelidad necesaria para evaluar correctamente este criterio.

4.2.7.1 RELACIÓN ENTRE LAS ACELERACIONES SUFRIDAS POR EL CARRITO Y MANIQUÍ

Se ha realizado un estudio que analiza la relación entre las aceleraciones sufridas por el carrito en el ensayo y aquellas sufridas por el niño situado en el mismo, en los casos en los que se ha utilizado el maniquí instrumentado. En la siguiente tabla 41 se muestran las aceleraciones en la cabeza del maniquí, en el carrito y la relación entre ellas.

	Carrito	Total aceleración [Acc] (g)	Head (g)	Head/Acc
10LSP006E08	Marca "A" Modelo "A"	24.4	10.55	43%
10LSP006E10	Marca "B" Modelo "B"	14.11	39.74	281%
10LSP006E11	Marca "B" Modelo "B"	7.28	15.40	211%

TABLA 41. RELACIÓN ENTRE LA ACELERACIÓN DE LA CABEZA DEL MANIQUÍ Y EL CdN.

Observando los datos anteriores podemos obtener la relación aproximada entre la aceleración sufrida por el maniquí y aquella sufrida por el carrito. Podemos observar que en los ensayos 10LSP006E10 y 10LSP006E11, la relación de aceleración del maniquí y el CdN es muy alta, pero esto es debido a que durante la realización del ensayo el maniquí se golpeo con la cabeza en la mampara. Este suceso, se debe a que por la configuración del CdN, la cabeza del maniquí está desprotegida en todo momento. En cambio, en el caso del ensayo 10LSP006E08, la aceleración que llega a la cabeza del maniquí es aproximadamente la mitad de la que sufre el carrito, pues la utilización de una silla modular es más favorable de cara a la protección del niño.

En la siguiente tabla 42, se muestran también las aceleraciones sufridas en el pecho del maniquí en los distintos ensayos.

	Carrito	Total aceleración [Acc] (g)	Chest (g)	Chest/Acc
10LSP006E08	Marca "A" Modelo "A"	24.4	5.78	24%
10LSP006E10	Marca "B" Modelo "B"	14.11	7.82	55%
10LSP006E11	Marca "B" Modelo "B"	7.28	4.47	61%

TABLA 42. RELACIÓN ENTRE LA ACELERACIÓN EN EL PECHO DEL MANIQUÍ Y EL CdN

Observando los datos anteriores podemos obtener la relación aproximada entre la aceleración sufrida por el maniquí y aquella sufrida por el carrito. Se comprueba que la aceleración del maniquí en el caso en el que no hay impacto directo del maniquí, es mucho menor que en los casos donde el maniquí impacta de forma directa, siendo la aceleración recibida en estos casos algo más del doble de la que recibe el maniquí situado en la silla modular.

4.2.8 CONCLUSIONES

Se han realizado ensayos sobre los tres sistemas de seguridad: cinturón, mampara y tabla abatible, siendo este último sistema un desarrollo obtenido de la generación del presente proyecto. A continuación, se presenta un listado de conclusiones obtenidas del análisis de los ensayos realizados:

- ✓ En todos los ensayos, se ha comprobado que ni el CdN ni el maniquí, sufren daños que puedan tener graves consecuencias. Se ha comprobado que en los casos en los que se produce contacto directo entre el maniquí y la estructura o zona de ensayo, el nivel de HIC son muy bajos y se pueden considerar despreciables. Estos resultados deberían contrastarse con una serie de ensayos utilizando maniqués de series más avanzadas (i.e. serie q).
- ✓ **El sistema de retención que transmite las aceleraciones más pequeñas es el cinturón de seguridad**, es decir, cuando el CdN se coloca en la Zona 1 y orientado en el sentido de la marcha. **Si el carrito se coloca en sentido contrario a la marcha, el sistema de retención que menos aceleración transmite al carrito es la tabla abatible.**
- ✓ Si se utilizan los cinturones de seguridad (Zona 2) como sistema de retención del carrito, los valores de tensión que se obtienen en el sistema de retención del carrito son menores que las prescripciones de homologación que tienen que cumplir dichos sistemas.
- ✓ La relación entre la aceleración sufrida por el CdN y la cabeza del maniquí es menor del 50% en los casos en los que no existe contacto directo entre la cabeza y la zona de ensayo. Ocurre lo mismo en el caso de comparar los resultados de aceleración del carrito y del pecho del maniquí.
- ✓ En el caso de utilizar sillas de paseo que no presenten protección trasera de la cabeza, el niño puede golpear la cabeza con el sistema de retención o tabla. En el caso de no llevar dicho sistema se podrían dar momentos en cuello que pudieran conllevar a lesiones.
- ✓ **La utilización de una tabla abatible como sistema de retención del CdN en el caso de que la posición de la silla lo exija, mantiene los mismos niveles de seguridad que los sistemas homologados para PMR situados en las zonas 1 y 2, mampara y cinturón de seguridad**, respectivamente.

4.3 Validación del Modelo Teórico de Simulación.

Para la validación del modelo teórico de simulación descrito en el apartado 3.2 de la presente monografía, se han utilizado como configuraciones de ensayo las correspondientes a las representativas de un vuelco lateral del carro (producido por un nivel de aceleración lateral alcanzado en un ensayo de trayectoria circular) y a un vuelco longitudinal (producido por una maniobra de frenado con el carro orientado en sentido contrario a la marcha). Como se demostró durante la realización de los ensayos experimentales de campo en las maniobras de slalom o de cambio de carril, la inestabilidad del carrito se produce para valores muy similares de aceleración lateral del vehículo.

4.3.1 Comparación ensayo circular

Las figuras 56 y 57 muestran la comparación de las aceleraciones laterales sufridas por el carrito de niño durante un ensayo circular realizado en pista, y los resultados obtenidos por el carrito modelizado en el presente informe.

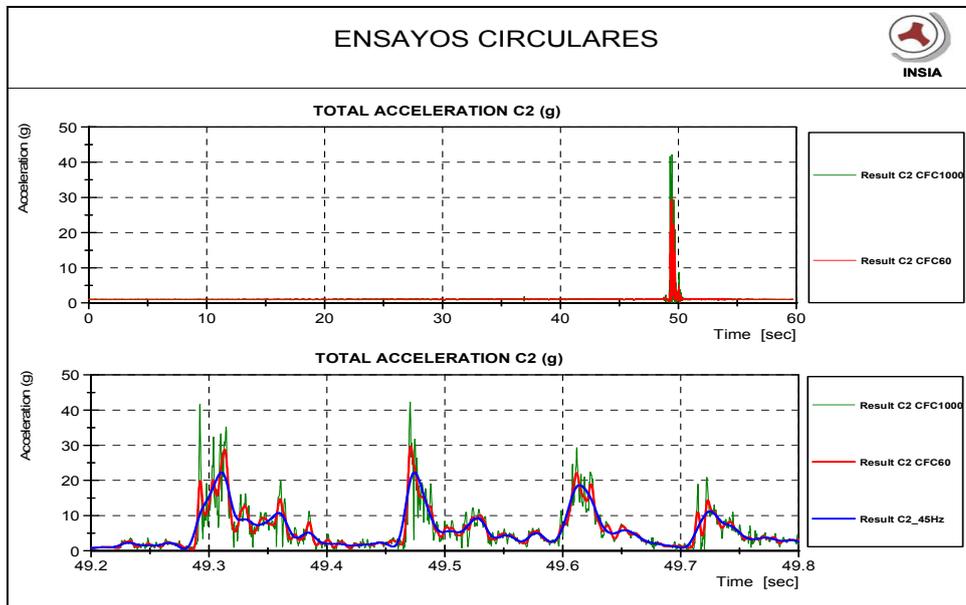


FIGURA 56. ACCELERACIÓN LATERAL ENSAYO CIRCULAR EN PISTA.

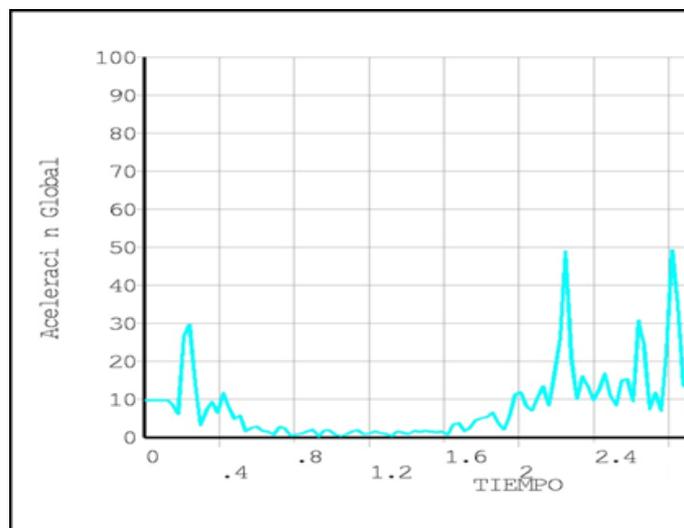


FIGURA 57. ACCELERACIÓN LATERAL CARRITO MODELIZADO.

El análisis de las gráficas demuestra que los primeros 0.8 segundos de la Figura 57, correspondiente a los resultados obtenidos de forma analítica, plasman el impacto que sufre el carrito de niño al caer desde unos 22 cm de altura aproximadamente, por ello no los tendremos en cuenta a la hora de comparar los resultados con los obtenidos en los ensayos llevados a cabo en el INSIA. Se puede observar que en los resultados obtenidos en los ensayos realizados “in-situ”, el carrito de niño sufre una caída cuando se realiza un ensayo circular. El carrito sufre un primer impacto en la parte superior de la estructura, en el cual se alcanzan aceleraciones próximas a los 4.3g, cuando impacta el resto del carrito sufre otro pico de aceleración (2g), esta vez algo inferior al primero debido a que la mayor parte del golpe ya se ha absorbido. Posteriormente al primer impacto, el carrito rebota contra el suelo, para caer posteriormente causando un pico de aceleraciones de aproximadamente 4.3g. Después de este choque se aprecia que el carrito vuelve a tener sucesivos rebotes contra el suelo, pero esta vez de menor intensidad. Esta secuencia de choques y rebotes tiene lugar en un periodo de tiempo de aproximadamente 0.2 segundos.

Los resultados obtenidos a partir de la modelización del carrito de niño mediante un programa de elementos finitos, han sido explicados en el apartado anterior, se puede observar que el tiempo en el que se producen los impactos no son iguales debido a que en el ensayo realizado por ordenador se parte de cero y en el ensayo realizado en la pista se comienza a grabar dicho ensayo una vez arranca el autobús para realizar la maniobra. Si concuerda el intervalo de tiempo en el cual se producen los diferentes impactos, en el caso de la modelización a ordenador es de 0.4 segundos aproximadamente.

Comparando las dos gráficas anteriormente expuestas, se puede afirmar que los resultados obtenidos de forma analítica y de forma práctica, son muy similares y reflejan con claridad las consecuencias de los ensayos llevados a cabo. La tabla 43 muestra la secuencia de vuelco tanto en el ensayo de referencia como en la simulación teórica. Se puede apreciar que la dinámica del vuelco se reproduce con fidelidad hasta el instante final, en donde debido a no haber modelizado el escalón del autobús en el ensayo realizado por ordenador, el carrito de niño tiene la libertad de poder girar sobre sí mismo, sin encontrarse el obstáculo anteriormente citado.

Tanto del modelo, como del ensayo circular efectuado se puede concluir que en la fase de vuelco el carrito soporta una aceleración lateral aproximadamente igual a la del vehículo. Por lo que se puede establecer que los sistemas de retención deberán estar dimensionados para soportar esfuerzos mínimos equivalentes con las siguientes hipótesis:

- *Coefficiente de seguridad: 2*
- *Masa del carrito más pesado: establecido en 20 kg (con un coeficiente de seguridad de 1.2)*
- *Masa del maniquí más pesado (15 kg, para el P3 50th se establece en 20kg).*
- *Deceleración máxima longitudinal*
 - **1g** en frenado.
 - **2g** en colisiones leves.
- Por lo tanto los **esfuerzos mínimos a soportar** serán:
 - $2 \cdot 9.81 \cdot (20\text{kg} + 20\text{kg}) = 800 \text{ N en frenado.}$
 - $2 \cdot 2 \cdot 800 = 1600 \text{ N en colisiones leves.}$

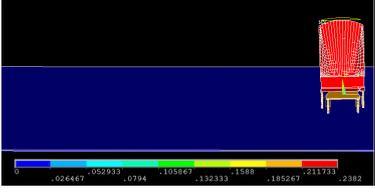
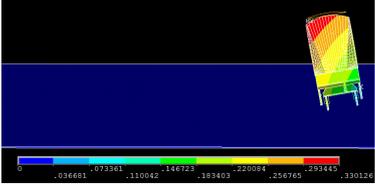
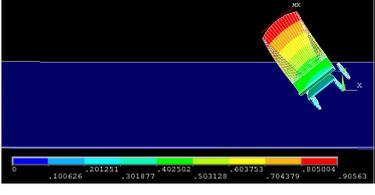
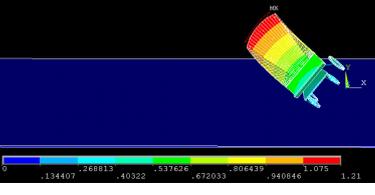
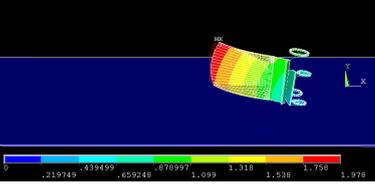
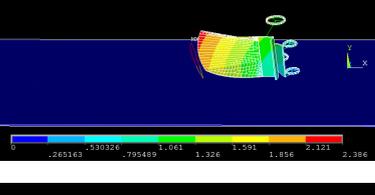
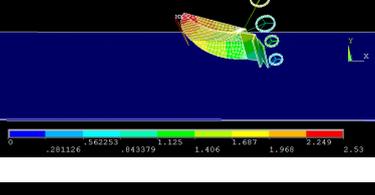
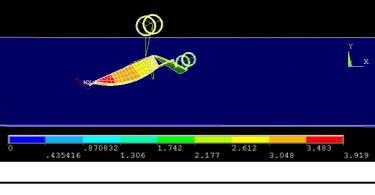
Tiempo (seg)	Comparación de secuencias del vuelco real y modelado	
0		
0.045		
0.090		
0.135		
0.180		
0.225		
0.270		
0.315		

TABLA 43. COMPARACIÓN DEL PROCESO DINÁMICO DE VUELCO.

4.3.2 Comparación ensayo frenada

A continuación se mostrará la comparación de las aceleraciones longitudinales sufridas por el carrito de niño durante un ensayo de frenada realizado en pista, y los resultados obtenidos por el carrito modelizado en el presente informe.

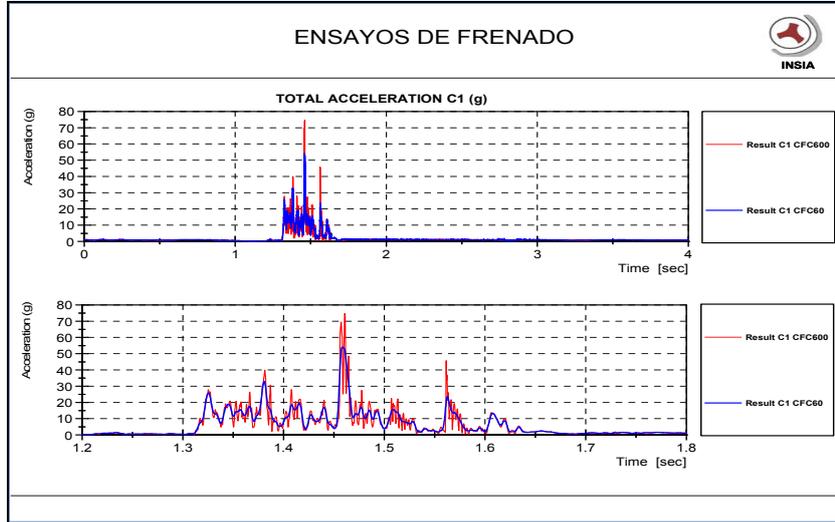


FIGURA 58. ACELERACIÓN LONGITUDINAL ENSAYO FRENADO PISTA

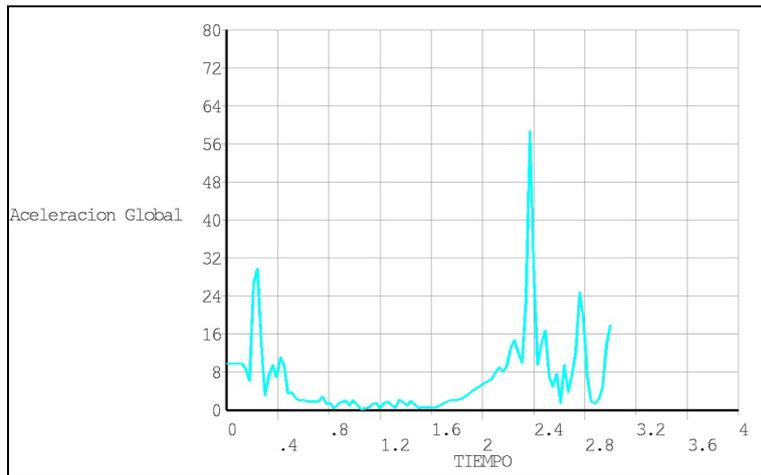


FIGURA 59. ACELERACIÓN LONGITUDINAL CARRITO MODELIZADO.

Se puede comprobar cómo la dinámica de la maniobra realizada, en este caso un frenazo brusco, coincide perfectamente en las dos gráficas anteriores. El periodo de tiempo en el que tienen lugar es casi idéntico, teniendo en cuenta que difieren en décimas de segundo. El tiempo en el que se producen los hechos no cuadra debido a que en la simulación por ordenador sólo se emplean 3 segundos, mientras que en la pista se comienza a contar desde que el autobús se pone en marcha para realizar el ensayo. En cuanto a los valores de las aceleraciones sufridas por el carrito, también guardan el mismo margen entre el primer impacto y el rebote (cercano a 3g), si atendemos a los resultados obtenidos con el filtro CFC 80, vemos que ocurre lo mismo que en el ensayo anterior, aunque los resultados obtenidos por la modelización son algo mayores, lo cual puede ser debido a que en la simulación el impacto se produce contra un suelo rígido de acero, mientras que en el autobús el suelo es menos rígido y por lo tanto puede absorber mejor el impacto. La tabla 44 muestra la secuencia de vuelco tanto en el ensayo de referencia como en la simulación teórica.

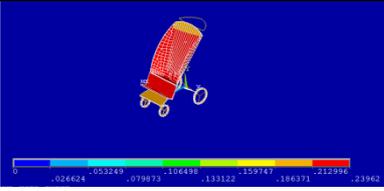
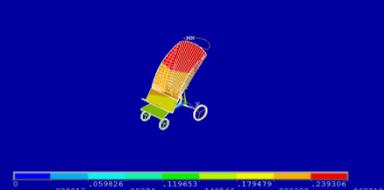
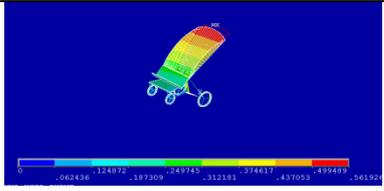
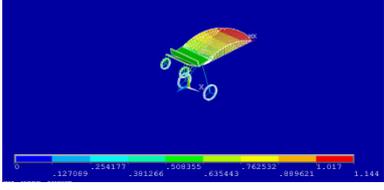
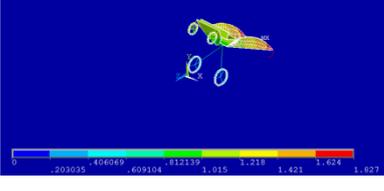
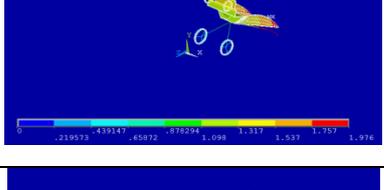
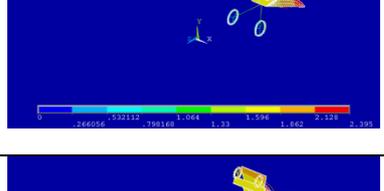
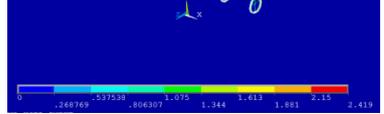
Tiempo (seg)	Comparación de secuencias del vuelco real y modelizado	
0		
0.05		
0.10		
0.15		
0.20		
0.25		
0.30		
0.35		

TABLA 44. COMPARACIÓN DEL PROCESO DINÁMICO DE VUELCO.

4.3.3 Conclusiones

En el presente sub-apartado se han mostrado los resultados obtenidos durante el proceso de validación del modelo teórico de simulación por ordenador, en el que se estudia el comportamiento de un carrito de niño ante diferentes situaciones de impacto, al correlacionarlo experimentalmente con los datos obtenidos en pruebas reales de campo. El análisis del comportamiento estructural de los CdN durante el proceso de validación teórico-experimental nos permite alcanzar las siguientes conclusiones:

1. Existe la posibilidad real de modelizar un carrito de niño en un programa de elementos finitos, obteniendo resultados coherentes en sus cálculos.
2. Se podría prescindir de los ensayos “in-situ” teniendo en cuenta su mayor coste y semejanza a la hora de la obtención de resultados.
3. Realización de gran variedad casos de carga, con el consiguiente ahorro en material.
4. La pequeña desviación de los resultados analíticos con los obtenidos en los ensayos prácticos, es debida a que el carrito de niño modelizado, se realizó con materiales algo más rígidos que los del carrito real, por restricciones en los datos de partida. Es por ello que se obtienen ligeras discrepancias en cuanto a los valores obtenidos en uno y otro ensayo, pero la forma de las gráficas sí son coincidentes, por lo que la secuencia de caída que sufre el carrito es la misma en ambos casos.
5. El modelo realizado y el carrito estudiado, uno de los más críticos desde el punto de vista de su resistencia mecánica por geometría y diseño, no tendría problemas de integridad en caso de vuelco lateral en el interior de un vehículo.
6. **Se establece como requisito mínimo de esfuerzos para los sistemas de retención de, al menos, 1600 N.**
7. A partir del modelo, en futuros trabajos se intentarán extraer conclusiones relativas a la optimización de los sistemas de retención.

5 Propuesta de un Código de Buenas Prácticas.

El análisis de los resultados obtenidos a lo largo del proyecto de investigación ASUCAR, tanto en lo referente a las pruebas prácticas de campo, como en las pruebas experimentales de validación en plataforma deceleradora y de validación teórico-experimental del modelo de comportamiento teórico desarrollado basado en FEM, han facilitado el establecimiento de una serie de recomendaciones, de carácter práctico, que permitirán definir las condiciones más idóneas desde el punto de vista de la accesibilidad y la seguridad, para la utilización de los servicios de transporte público por parte de los usuarios que se desplazan acompañados de un carrito de niños.

Dichas recomendaciones se han agrupado en forma de “*Código de Buenas Prácticas*”, y su objetivo no es otro que el de servir de guía para todos los agentes del sector del transporte público implicados en el transporte de carritos de niños: operadores y empresas de transporte público urbano, fabricantes de ayudas técnicas, asociaciones de usuarios y consumidores, etc., así como las administraciones públicas relacionadas con el mismo.

En el presente apartado se va a mostrar este Código organizado en **tres** categorías en función del agente destinatario de la recomendación:

1. Buenas prácticas para las empresas operadoras de servicios de transporte público.
2. Buenas prácticas para los fabricantes de carritos de niños.
3. Buenas prácticas para los usuarios de carritos de niños.

5.1 Buenas Prácticas para las empresas operadoras de servicios de Transporte público.

En el caso de empresas operadoras de servicios de transporte público de pasajeros que deseen permitir el acceso al interior de sus vehículos a los usuarios que viajan acompañados de carritos de niños, la primera cuestión a plantearse será la de si existe la posibilidad, o no, de viajar con el carrito plegado. Si el vehículo dispone de espacio reservado para ubicar al CdN plegado, deberá indicarse y ubicarse de una forma concreta. Si no existiera ese espacio reservado, nos encontraremos con un escenario distinto en el que deberán existir unas zonas recomendadas para la ubicación del CdN, que sean seguras y compatibles con el espacio reservado a los pasajeros en sillas de ruedas. En el presente apartado se describirán las principales características que deberán tenerse en cuenta en cada uno de estos supuestos.

5.1.1 Recomendaciones sobre el Espacio para CdN Plegados.

A. Descripción: En caso de existir un espacio reservado para CdN plegados, este deberá tener unas dimensiones mínimas necesarias para albergar la mayoría de CdN existentes en el mercado.

Justificación: Cumpliendo esta premisa la mayoría de CdN podrán viajar plegados, llevando el acompañante al niño en brazos, preferentemente en una plaza en sentido contrario a la marcha. Según los estudios realizados a lo largo del proyecto ASUCAR, los gálibos mínimos de la mayoría de carritos de niños cuando están plegados se muestran en la figura 60.

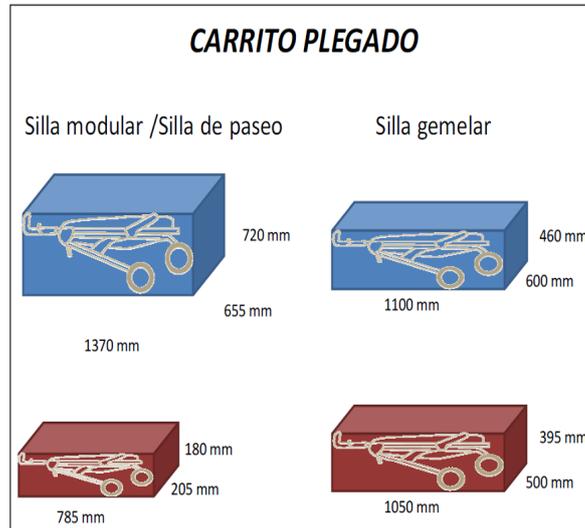


FIGURA 60. GÁLIBOS MÍNIMOS PARA EL TRANSPORTE DE UN CARRITO DE NIÑO PLEGADO.

B. Descripción: En caso de existir un espacio reservado para CdN plegados, se recomienda que se incluyan plazas sentadas en sentido contrario a la marcha y/o asientos especiales para niños (grupos 0 y 1).

Justificación: Se recomienda la utilización de sillitas o asientos especiales (grupos 0 y 1) para el desplazamiento del niño cuando el carrito pueda ir plegado. No obstante, cuando no se disponga de este tipo de sillitas especiales, el niño deberá ir en brazos de un adulto. Las plazas reservadas para el adulto con el niño en brazos deberán orientarse en sentido contrario a la marcha, y a las mismas tendrán prioridad los niños con sus acompañantes. La figura 61 muestra esta configuración de transporte.



FIGURA 61. ASIENTO RESERVADO PARA EL TRANSPORTE DE UN NIÑO CUANDO EL CARRITO ESTA PLEGADO.

5.1.2 Recomendaciones sobre el Transporte de CdN desplegados.

En este escenario nos encontramos con diferentes posibilidades de transporte del CdN. La figura 62 muestra las 3 zonas alternativas posibles donde se podrá ubicar el carrito de niños desplegado. En cada caso necesitaremos de una configuración diferente, en cuanto a accesibilidad, dimensiones y condiciones de seguridad.

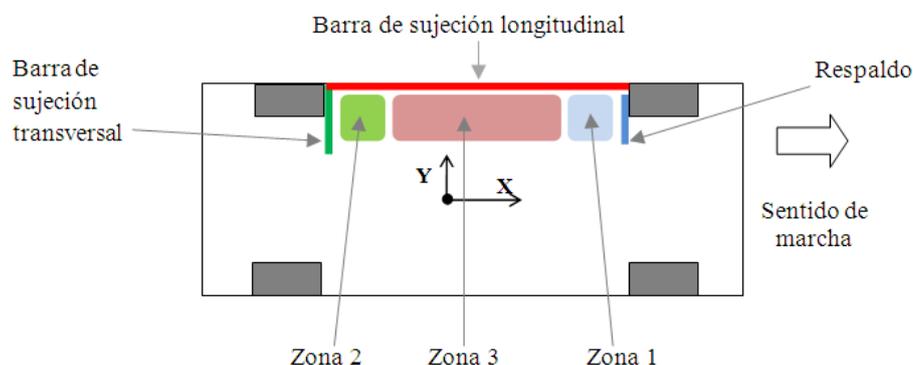


FIGURA 62. ZONAS RESERVADAS PARA EL TRANSPORTE DE UN CARRITO DE NIÑO CUANDO ESTA DESPLEGADO.

C. Descripción: En caso de existir un espacio reservado para PMR sin ocupar, se debe situar el CdN apoyado en sentido contrario a la marcha con las ruedas frenadas. El niño deberá llevar instalado el arnés de sujeción.

Justificación: El respaldo para PMR se suele situar en la Zona 1 (ver figura 62). El acompañante deberá situarse en el lateral del carrito o silla, del lado del pasillo y sujetando el carrito, y asíéndose a los sistemas de agarre del vehículo. Según los ensayos desarrollados a lo largo del proyecto ASUCAR indican que esta posición del carrito evita o minimiza la posibilidad de vuelcos longitudinales. La figura 63 muestra la configuración en la debería desplazarse el carrito en esta zona. Se recomienda también el uso de un cinturón de seguridad que pueda sujetar el carrito durante el transporte. Estos cinturones son los mismos que se utilizan habitualmente en el transporte de usuarios en sillas de ruedas (figura 63).



FIGURA 63. CONFIGURACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE UN CARRITO DE NIÑO CUANDO ESTÁ DESPLEGADO EN LA ZONA RESERVADA A USUARIOS EN SILLAS DE RUEDAS.

D. Descripción: En caso de que el espacio reservado para PMR este ocupado, situar el CdN en la zona situada junto al panel de la primera fila de asientos trasera, en sentido de la marcha o contrario a la misma, pero utilizando un sistema de retención flexible (cinturón de seguridad).

Justificación: El CdN irá ubicado en la Zona 2 según la figura 62, y podrá orientarse tanto en el mismo sentido de la marcha o en sentido contrario. El acompañante deberá situarse en el lateral del carrito o silla, del lado del pasillo y sujetando el mismo, y asiéndose a los sistemas de agarre del vehículo. Los carritos en sentido contrario a la marcha protegen mejor al niño en caso de vuelco, sin embargo, su inestabilidad y probabilidad de vuelco es mayor. Por ese motivo se recomienda la utilización de un sistema de retención flexible, tipo cinturón de seguridad, que pueda sujetar a la estructura del carrito por la zona más cercana a su centro de gravedad, conjuntándose con el frenado de las ruedas y la utilización de un arnés que sujete al niño al carrito. La figura 64 muestra un ejemplo de esta configuración de transporte.



FIGURA 64. CONFIGURACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE UN CARRITO DE NIÑO CUANDO ESTÁ DESPLEGADO EN LA ZONA 2.

E. Descripción: En caso de existir en el vehículo un sistema de retención específico para CdN se utilizará siguiendo las instrucciones facilitadas por el operador de transportes. El niño deberá llevar instalado el arnés de sujeción.

Justificación: Este sistema de retención estará ubicado en la Zona 3 (ver figura 62). El carrito de niños debe ir orientado en sentido contrario a la marcha y con las ruedas frenadas. Es recomendable conocer las instrucciones de instalación del sistema de retención del carrito previamente a su acceso al vehículo para minimizar así el tiempo de instalación del mismo. También habrá que colocar al niño, antes de acceder al vehículo, en la posición más baja posible del carrito, y por tanto de mayor estabilidad. El sistema evitará los vuelcos e impactos del carrito y el niño contra zonas y elementos del interior del habitáculo del vehículo. El acompañante estará libre para poder sujetarse en los elementos de agarre convencionales.

El sistema de retención del carrito puede ser de una tipología similar a la mostrada en la figura 65. En este caso, el sistema de retención consiste en una mampara abatible, desarrollada en el presente proyecto ASUCAR, cuyas características técnicas ya han sido descritas en anteriores apartados de esta obra. La resistencia estructural del sistema de retención utilizado para el carrito deberá ser de, al menos, **1600 N (\cong 160 kgf)**.



FIGURA 65. CONFIGURACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE UN CARRITO DE NIÑO CUANDO ESTÁ DESPLEGADO EN LA ZONA 3 MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE RETENCIÓN BASADOS EN MAMPARAS ABATIBLES.

5.2 Buenas Prácticas para los Fabricantes de CdN.

Desde el punto de vista de los criterios de diseño y fabricación que deberían seguir los fabricantes de CdN a la hora de construir carritos que fueran capaces de ser utilizados como elemento de transporte en autobuses, se tendrán en cuenta una serie de recomendaciones que resumimos a continuación.

F. Descripción: El fabricante de CdN deberá disponer en catalogo de carritos específicos para uso en vehículos de transporte público considerando la estabilidad del carrito y la protección del niño en caso de caída.

Justificación: Será necesario un espacio de protección garantizado por el carrito y unos arneses de sujeción que puedan soportar al niño en caso de colisión a baja velocidad. De esta manera se minimizará el riesgo de impacto del niño con elementos del interior del vehículo. Para garantizar la estabilidad del CdN se recomienda que su centro de masas sea lo más bajo posible.

G. Descripción: El fabricante de CdN deberá fabricar carritos estructuralmente preparados para soportar el uso de sistemas de retención específicos para su transporte en autobuses.

Justificación: El nivel de esfuerzos mínimo que deberá garantizar la estructura resistente de un CdN que vaya a ser utilizado en un vehículo de transporte público, deberá ser de, al menos, **800 N (\cong 80 kgf)**. Este valor viene justificado al considerar la masa máxima del carro, junto la masa máxima del ocupante, la aceleración máxima en una colisión a baja velocidad, que se estima en 2g, y un coeficiente de seguridad de 2.

5.3 Buenas Prácticas para los Usuarios de los CdN.

Las principales recomendaciones que se establecen para los usuarios de carritos de niños que van a utilizar los vehículos de transporte público para sus desplazamientos urbanos o interurbanos, se resumen principalmente en los siguientes aspectos:

- H. Descripción:** Siempre que se vaya a viajar con CdN en vehículos de transporte público, utilizar carritos especialmente diseñados para ello.
- I. Descripción:** Si existe espacio reservado para el carrito plegado en el vehículo (siempre que el CdN se pueda plegar), utilizarlo junto con el asiento especial (grupo 0 y 1) para el niño.
- J. Descripción:** Si no existe espacio reservado para el carrito plegado, viajar preferentemente con el carrito en la zona reservada para SdR (Zona 1), en sentido contrario a la marcha y con las ruedas frenadas.
- K. Descripción:** Si el espacio para la silla de ruedas está ocupado, viajar en la zona próxima a la primera fila de asientos trasera (Zona 2), con el carro orientado hacia atrás o adelante. En este caso utilizando un sistema de retención flexible (cinturón) sujetando la estructura del CdN.
- L. Descripción:** Si existe sistema especial para carritos de niños, tipo mampara abatible, utilizarlo con el CdN orientado en sentido contrario a la marcha (Zona 3) y las ruedas frenadas.

5.4 Ficha Resumen del Código de Buenas Prácticas.

Finalmente en el presente apartado y a modo de ficha-resumen, se presentan las anteriores recomendaciones de forma esquemática con objeto de facilitar su divulgación hacia los usuarios, y toma en consideración por el resto de agentes involucrados en el transporte seguro de carritos de niños.

Buenas Prácticas para las empresas operadoras de servicios de Transporte público.

- A. En caso de existir un espacio reservado para CdN plegados, este deberá tener unas dimensiones mínimas necesarias para albergar la mayoría de CdN existentes en el mercado
- B. En caso de existir un espacio reservado para CdN plegados, se recomienda que se incluyan plazas sentadas en sentido contrario a la marcha y/o asientos especiales para niños (grupos 0 y 1).
- C. En caso de existir un espacio reservado para PMR sin ocupar, se debe situar el CdN apoyado en sentido contrario a la marcha con las ruedas frenadas. El niño deberá llevar instalado el arnés de sujeción.
- D. En caso de que el espacio reservado para PMR este ocupado, situar el CdN en la zona situada junto al panel de la primera fila de asientos trasera, en sentido de la marcha o contrario a la misma, pero utilizando un sistema de retención flexible (cinturón de seguridad).

E. En caso de existir en el vehículo un sistema de retención específico para CdN se utilizará siguiendo las instrucciones facilitadas por el operador de transportes. El niño deberá llevar instalado el arnés de sujeción.

Buenas Prácticas para los Fabricantes de CdN

F. El fabricante de CdN deberá disponer en catálogo de carritos específicos para uso en vehículos de transporte público considerando la estabilidad del carrito y la protección del niño en caso de caída.

G. El fabricante de CdN deberá fabricar carritos estructuralmente preparados para soportar el uso de sistemas de retención específicos para su transporte en autobuses.

Buenas Prácticas para los Usuarios de los CdN

H. Siempre que se vaya a viajar con CdN en vehículos de transporte público, utilizar carritos especialmente diseñados para ello.

I. Si existe espacio reservado para el carrito plegado en el vehículo (siempre que el CdN se pueda plegar), utilizarlo junto con el asiento especial (grupo 0 y 1) para el niño.

J. Si no existe espacio reservado para el carrito plegado, viajar preferentemente con el carrito en la zona reservada para SdR (Zona 1), en sentido contrario a la marcha y con las ruedas frenadas.

K. Si el espacio para la silla de ruedas está ocupado, viajar en la zona próxima a la primera fila de asientos trasera (Zona 2), con el carro orientado hacia atrás o adelante. En este caso utilizando un sistema de retención flexible (cinturón) sujetando la estructura del CdN.

L. Si existe sistema especial para carritos de niños, tipo mampara abatible, utilizarlo con el CdN orientado en sentido contrario a la marcha (Zona 3) y las ruedas frenadas.

6 Bibliografía.

- AENOR. UNE 26494 (2004). Vehículos de Carretera. Vehículos para el Transporte Colectivo, incluidas las personas con Movilidad Reducida. Capacidad igual o menor a nueve plazas incluido el conductor. Comité Técnico de Normalización AEN/CTN26/SC4
- Alcala, E.; Martín, A.; Valles, B.; Dols, J.F.; Pons, V.; Terrón, J.A. (2011). *Kinematics of Children Prams in emergency Maneuvers of Urban Buses*. 13th EAEC European Automotive Congress. ISBN Proceedings 978-84-615-1794-7. Valencia (Spain).
- Ayuntamiento de San Sebastián. Reglamento de Transporte de Donostia-San Sebastián. 2001.
- Ayuntamiento de Bilbao. Reglamento para el transporte de sillas de ruedas y coches de niños en los autobuses. 2007.
- Ayuntamiento de Terrasa. Reglamento del Servicio de Transporte colectivo urbano y público de viajeros de Terrassa.
- Börjesson, M. (1989). *Public Transport for Everyone*. Swedish Transport Research Board. Sweden.
- Brooks, B.; Edwards, H.; Fraser, C.; Levis, J.; Johnson, M. (1980). *Passenger Problems On Moving Buses*. Leyland Vehicles Ltd. Motor Industry Research Association. Supplementary Report 520. Transport and Road Research Laboratory. Crowthorne. U.K.
- CE. (2002). *Directiva 2001/85/CE de la Comisión de 20 de Noviembre de 2001 por la que se modifican las Directivas 70/156/CEE y 97/27/CE relativa a las disposiciones especiales aplicables a los vehículos utilizados para el transporte de viajeros con más de ocho plazas además del asiento del conductor*. DOCE 13.02.2002. Bruselas.
- CSA. (2002). *Accessible Transit Buses. Standard D435-02, 1st ed.* Mississauga, Ontario, Canada, Aug.
- CSA. (1992). *Motor Vehicles for the Transportation of Persons with Physical Disabilities*. CAN/CSA-D409-92. Mississauga, Ontario, Canada.
- Decreto 1/2008, de 17 de Enero, por el que se modifica el Decreto 79/1997 de 3 de Julio, que aprueba el reglamento de Viajeros de transporte Interurbano de la Comunidad de Madrid, y el RD 206/2000, de 14 de Septiembre, que aprueba el Reglamento de Viajeros de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A, para reconocer la accesibilidad de los carritos de niños a los autobuses.
- Dols, J. (1996). *Simulación del Comportamiento Dinámico de Personas con Movilidad Reducida (PMR) aplicado al Transporte. Guías de diseño de Sistemas de Seguridad*. Doctoral Thesis Dissertation. Universidad Politécnica de Valencia.
- Dols, J. Sánchez, S. (1999). *Estudio de las características constructivas y dimensionales de los vehículos destinados al transporte de usuarios en sillas de ruedas*. Informe interno SATRUS T1.3. Laboratorio de Automóviles del DIMM. Universidad Politécnica de Valencia.

- Dols, J.F.; Sánchez, S.; Rodilla, E. (2001). *Passive Safety Evaluation in the Transport of Wheelchair Users in different vehicles in Spain*. Proceedings of the European Automotive Congress. EAEC. Bratislava.
- Dols, J. (2001). *La Seguridad en el Transporte de PMR (Personas de Movilidad Reducida)*. V Seminario sobre Automoción: La Seguridad Pasiva en Vehículos Automóviles. Universidad Politécnica de Valencia. Spain.
- Dols, J. (2004). *Experimental Validation of the SATRUS Docking System for the Safe Transport of Wheelchair Users in Vehicles*. FISITA Congress. Barcelona.
- DPTAC. (1993). *Re-statement of Recommended Specifications for Buses Used to Operate Local Services*. Disabled Persons Transport Advisory Committee. London. England.
- DPTAC. (2000). *Recommended Specification for Low-floor Buses*. Department for Transportation. London, UK. 1997.
- Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A. *Instrucciones para el acceso a los autobuses de la EMT de niños en coches, sillas o carritos desplegados*. Madrid, Febrero 2007.
- ECMT. (1989). *Public Transport By Bus*. European Conference of Ministers of Transport. OECD Publications Service. Paris. France.
- ECMT. (1990). *Access to Coaches*. European Conference of Ministers of Transport. OECD Publications Service. Paris. France.
- ECMT. (1999). *Improving Transport for People with Mobility Handicaps. A Guide to Good Practice*. European Conference of Ministers of Transport. OECD Publications Service. Paris. France.
- European Commission. COST 322. (1995). *Low Floor Buses*. European Commission. Directorate General for Transport. Rue de la Loi, 200. Bruselas.
- García, A; Rodríguez, A: “*Sistemas de retención. Condiciones de seguridad en vehículos para personas usuarias de sillas de ruedas*”. VIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. ISBN: 0212-5072. Madrid, 2000.
- Instituto Universitario de Estudios Europeos (IEE) (2002). *Libro Verde de la Accesibilidad en España*. Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO). Madrid.
- ISO 10542-1/5. (2001). *Wheelchair Tiedown and Occupant Restraint systems for Use in Motor Vehicles*. ISO TC173/SC1/WG6. International Standards Organisation.
- ISO 9999:1999. (1999). *Ayudas Técnicas para Personas con Discapacidad. Clasificación*. International Standards Organization.
- Le Claire, M.; Visvikis, C.; Oakley, C.; Savill, T.; Edwards, M.; Cakebread, R. (2003). *The Safety of Wheelchair Occupants in road passenger vehicles*. Mobility and Inclusion Unit. Department for Transportation. United Kingdom.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, MTAS (2003a). *I Plan Nacional de Accesibilidad 2004-2012. Por un nuevo paradigma, el Diseño para Todos, hacia la plena igualdad de oportunidades*. Madrid.

- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, MTAS (2003b). *Libro Blanco. Por un nuevo paradigma el Diseño para todos, hacia la plena igualdad de oportunidades*. ACCEPLAN Plan de Accesibilidad 2003-2010. Madrid.
- Pons, V.; Dols, J.F.; Alcalá, E.; Valles, B.; Martín, A. (2011). *Level of Stresses Transmitted to Children's Trolley for Transportation Vehicles*. 13th EAEC European Automotive Congress. ISBN Proceedings 978-84-615-1794-7. Valencia (Spain).
- Rodríguez Senín, A.; Martínez Sáez, L.; Vicente Corral, T.; “*Experimental evaluation of the wheelchair occupant protection under different impact conditions using commercial wheelchairs*”. *International Journal of Crashworthiness*, Volume 11, Issue 5, September 2006, pages 425-441.
- Rodríguez, A; García, A: “*Situación reglamentaria en el transporte de personas en silla de ruedas. Propuesta de ensayo para los anclajes de sistemas de retención*”. VI Congreso Ibero-americano de ingeniería mecánica. ISBN 972-98871-4-4. Portugal, 2003
- Valles, B; Vicente, T; Martín, A; Aparicio, F: “*Adaptación de vehículos para conductores discapacitados: carencias y necesidades*”. CIBIM 8. Perú, 2007