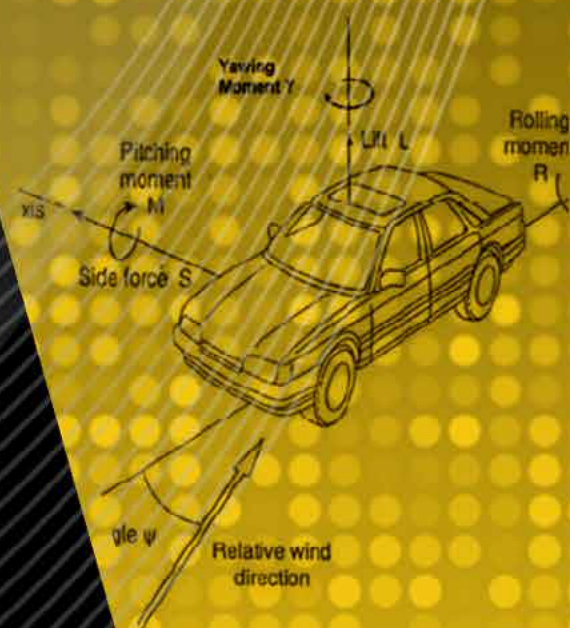


ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS NORMAS DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS EN COSTA RICA Y OTRAS PARTES DEL MUNDO



2017



343.0877

G569e Consejo de Seguridad Vial
Güémez Shedden, Carlos Roberto
Estudio comparativo de normas de importación de vehículos
en Costa Rica y otras partes del mundo [recurso electrónico] /
Carlos Roberto Güémez Shedden. – 1 ed. – San José, CR :
Consejo de Seguridad Vial, 2017.
1 recurso en línea (529 p.) : E-book ; pdf ; 30 MB
ISBN: 978-9930-9561-4-4

1. Exportación e Importación. 2. Vehículos – Normas de
Calidad. I. Título

© Consejo de Seguridad Vial (Cosevi), 2017

Se reservan todos los derechos. Las publicaciones del Cosevi están disponibles en el sitio web del Cosevi (www.csv.go.cr). La presente obra está protegida bajo los derechos contemplados en la ley N° 6683, o Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos.

Es esta obra se resumieron varios ensayos de laboratorio para hacerle entender al lector en qué consisten las diversas pruebas a las que se someten los vehículos para ser importados o comercializados en diversas partes del mundo, pero los resúmenes no fueron escritos con la intención de que los ensayos se puedan reproducir siguiendo los procedimientos aquí resumidos. Cabe destacar que, para redactar los resúmenes de las pruebas las normas o regulaciones que se utilizaron como referencia estaban vigentes en el momento de su revisión, pero pudieron haber variado durante la producción y edición de esta obra. En caso de que se desee reproducir cierto ensayo de laboratorio se recomienda referirse al texto original de tal ensayo.

El Cosevi ha adoptado todas las precauciones razonables para verificar la información que figura en la presente publicación; no obstante, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni explícita ni implícita. El lector es responsable de la interpretación y el uso que haga de ese material, y en ningún caso el Cosevi podría ser considerado responsable de daño alguno causado por su utilización.

Diseño y diagramación: Floria Leiva | PUBLIART S.A.

Diseño y diagramación: Floria Leiva | PUBLIART S.A.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes
Consejo de Seguridad Vial
Dirección de Proyectos
Área de Investigación y Estadística

Estudio comparativo de las normas de importación de vehículos en Costa Rica y otras partes del mundo

Ing. Carlos Roberto Güémez Shedden
2017



Palabras de la Licda. Cindy Coto Calvo, Directora Ejecutiva del Cosevi

La Organización Mundial de las Naciones Unidas estableció en el año 2011, el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, el cual promueve la ejecución de actividades a nivel mundial, regional y nacional, en torno a cinco pilares, a saber, la Gestión de la Seguridad Vial, Vías de Tránsito y Movilidad Seguras, Vehículos más Seguros, Usuarios de Vías de Tránsito más Seguros y Respuesta tras los Accidentes.

Bajo ese plan mundial, en el ámbito nacional, el Consejo de Seguridad Vial emitió en Costa Rica el Plan Nacional del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 “Construyendo una Cultura de Paz en las Carreteras”, incluyendo actividades para cada uno de los pilares establecidos anteriormente.

Es dentro de ese contexto, que se puede ver que el eje temático de los vehículos más seguros es una prioridad establecida a nivel internacional, siendo que la flotilla vehicular que circula en las vías nacionales tiene una intrínseca relación con la siniestralidad en carretera. Debido a que el establecimiento de parámetros concretos que permitan revisar y determinar técnicamente, las condiciones que deben de cumplir los vehículos importados a nuestro país, representa el establecimiento de parámetros mínimos de cumplimiento, y lleva al logro de mantener una flota vehicular en buen estado.

En nuestro país, ha habido a lo largo de los años, grandes discusiones sobre la necesidad de regular de manera estricta el tema de la importación de vehículos; estableciendo criterios técnicos sustentados en elementos propios de la seguridad vial, la salud y el ambiente. Sin que exista actualmente una normativa adecuada que establezca de forma clara, precisa y adecuada, cuáles serían los parámetros mínimos con los que debería cumplir un vehículo para poder ser objeto de importación al país.

Debiendo aclarar que la revisión técnica vehicular vigente actualmente está estructurada para evaluar las condiciones de mantenimiento del vehículo ya ingresado al país, no el cumplimiento de parámetros técnicos para su ingreso al país.

Poder contar con un análisis comparativo de las pruebas y parámetros establecidos en otros países, resulta una herramienta de gran valía para la determinación de políticas públicas y normas que regulen adecuadamente el tema que nos ocupa.

El presente texto, constituye una herramienta útil, al contener el análisis comparativo de las pruebas que se realizan en países como Estados Unidos, Canadá, la Unión Europea, entre otros; que permite llegar a conclusiones, respecto a las implicaciones que conllevan la interposición de exigencias a las personas físicas y jurídicas que se dedican a la importación de vehículos.

Para poder, determinar cuáles son los requerimientos normativos vigentes en nuestro país para el tema de importación de vehículos, y si estos requisitos son suficientes para garantizar la calidad y óptimas condiciones de la flota vehicular que circula en las carreteras nacionales. Además de establecer las implicaciones que conlleva para el país, el establecimiento de requisitos técnicos para el tema de la importación vehicular.

Con seguridad de la calidad de la obra escrita que se presenta, agradezco al autor y responsable de ésta, el Ingeniero Carlos Güémez Shedden, funcionario del Área de Investigación de la Dirección de Proyectos del Consejo de Seguridad Vial, por la dedicación y entrega con la que ha realizado el estudio comparativo de las pruebas de reiterada mención.

Cindy Coto Calvo
Directora Ejecutiva
Consejo de Seguridad Vial

Palabras del MSc. Roy Rojas Vargas, Director de Proyectos del Cosevi

El Cosevi como ente regulador de la seguridad en Costa Rica debe procurar establecer mejoras de la seguridad vial y consecuentemente la calidad de vida de las personas desde los cinco pilares: la gestión de la seguridad vial, vías de tránsito y movilidad más segura, vehículos más seguros, usuarios de las vías de tránsito más seguros y respuesta tras los accidentes.

Un de las maneras de mejorar la seguridad vial a través del tercer pilar, vehículos más seguros, es regulando la actividad de la importación de vehículos con el fin de asegurar que ellos cumplan con ciertos requisitos mínimos de seguridad. ¿Pero qué implica realizar eso?

A pesar de que en el país se exige el cumplimiento con la Inspección Técnica Vehicular para que los vehículos puedan ser importados, ésta inspección puede no ser suficiente para asegurar el desempeño de algunos elementos de seguridad vehicular. Por lo tanto, para tener una idea más clara de qué se debería hacer para asegurar el adecuado desempeño de los componentes de seguridad vehicular, el Cosevi escribió este libro en el que se comparan las pruebas que se realizan en Costa Rica y algunos otros países para permitir la importación y/o comercialización de los vehículos y sistemas de seguridad vehicular en su territorio, describiendo las pruebas que se llevan a cabo en tales países.

Palabras de la Licda. Teresita Guzmán Duarte, Jefa del Área de Investigación y Estadística del Cosevi.

El Área de Investigación y Estadística de la Dirección de Proyectos, tiene como fin último generar información técnica alrededor de la problemática de seguridad vial en sus diferentes componentes.

En esta ocasión tenemos el agrado de entregarles por primera vez un documento de investigación comparada de elementos de seguridad pasiva y activa de los vehículos que colaboran en preservar la vida, en diferentes latitudes del mundo. Este documento, pone en relieve las carencias asociadas a la actividad de la importación de vehículos a las que se enfrentan los ocupantes y peatones en un accidente de tránsito, en cuanto a la gravedad de las lesiones, nuestro país.

Esperamos que esta entrega, sea de apoyo a las instituciones y organizaciones involucradas en la labor de liderar los cambios pertinentes en las características de seguridad, de los vehículos que circulan en nuestras carreteras y para mitigar la gravedad de las lesiones en los ocupantes de vehículos y peatones como una garantía de nuestro fin último, salvar vidas.

Presentación

Este estudio se realizó en el periodo 2010 – 2015, con el objetivo de explicar y comparar las pruebas que se llevan a cabo en los vehículos y en los componentes vehiculares para demostrar el cumplimiento con los requerimientos de seguridad mínimos que deben satisfacer para poder importar los vehículos a Costa Rica, los Estados Unidos de América, Canadá y algunos países de la Unión Europea, para facilitar así la toma de decisiones.

Los objetivos específicos de la investigación fueron:

- Identificar los requerimientos mínimos de importación de vehículos en Costa Rica.
- Explicar las pruebas de seguridad vehicular realizadas en los Estados Unidos de América, Canadá y algunos países de la Unión Europea para determinar el cumplimiento con los requerimientos mínimos de importación.
- Explicar las pruebas de emisiones de ruido y contaminantes que se realizan en los Estados Unidos de América, Canadá y algunos países de la Unión Europea para determinar el cumplimiento con los requerimientos mínimos de importación.
- Crear cuadros comparativos de las pruebas que se realizan en las regiones en estudio.

Por lo tanto, en esta obra se dedicó un capítulo para explicar las pruebas que se realizan a los vehículos o componentes vehiculares para demostrar la conformidad con los estándares mínimos de seguridad establecidos en la normativa en cada una de esas regiones, iniciando por la legislación costarricense, luego la normativa de los Estados Unidos de América, posteriormente la regulación de Canadá y por último la normativa europea a la cual también se han acogido algunos países de otras regiones que son miembros de las Naciones Unidas. Además, en el apéndice 1 se indican los cuadros comparativos de todas esas normativas.

Resumen

Este estudio se llevó a cabo con el fin de determinar los tipos de pruebas que se realizan en los vehículos y en los componentes vehiculares para ser importados a Costa Rica, los Estados Unidos de América, Canadá y países de la Unión Europea. Además, la investigación se enfocó en las pruebas que están relacionadas con la seguridad vehicular y la protección ambiental.

En los Estados Unidos de América, Canadá y en algunos países de la Unión Europea se fabrican vehículos, por lo que han definido sus propios estándares de seguridad vehicular y de protección ambiental. En consecuencia, para que los vehículos puedan ser importados a esos lugares, se debe demostrar que cumplen con los requisitos de las pruebas de homologación a nivel mundial o con las pruebas establecidas específicamente para tales países, las cuales están establecidas principalmente en los Estándares Federales de Seguridad Vehicular (FMVSS) y en los requerimientos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América, en los Estándares Canadienses de Seguridad Vehicular (CMVSS) y en los acuerdos del foro mundial de armonización de Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (ECE).

Por el contrario, para que los vehículos ingresen a Costa Rica no se requieren pruebas de homologación, sino que los vehículos de primer ingreso deben ser sometidos a las pruebas de la inspección vehicular (IVE), en donde se dictan las condiciones mínimas de mantenimiento aceptables para que los vehículos puedan circular por el territorio nacional. Es importante aclarar que en esa inspección se llevan a cabo pruebas para evaluar el mantenimiento que se le da a los vehículos, lo cual es distinto a las pruebas de homologación de vehículos que buscan que estos o los componentes vehiculares que se construyen cumplan con ciertos estándares mínimos; por lo tanto el fin de ambos tipos de pruebas es distinto, por lo que no son mutuamente sustitutivas.

Por último, cabe destacar que en este estudio comparativo se realizó la interpretación de dichos estándares para explicar en qué consisten las pruebas, por lo que no se detallaron minuciosamente las condiciones de prueba, los tipos de instrumentos utilizados, la magnitud de las incertidumbres, entre otros aspectos; por lo que no se debe usar este documento para reproducir los ensayos, sino que para ello se deben seguir los procedimientos indicados en cada una de las normas. Al final de la investigación se creó una matriz comparativa de las pruebas que se realizan en los diferentes países (ver el Apéndice 1).

TABLAS DE CONTENIDOS

Contenido

Estudio comparativo de las normativas de importación de vehículos en Costa Rica y en diferentes partes del mundo

Introducción	1
1. Normativa acerca de los dispositivos de seguridad en Costa Rica.....	2
1.1 Ley N° 9078 o Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial.	
Requisitos para la Circulación de Vehículos	3
1.2 Inspección Vehicular (IVE)	8
2. Normativa de importación de vehículos en los Estados Unidos de América.....	14
2.1 Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos Motorizados	15
FMVSS 103 (Sistema de descongelamiento y desempañado del parabrisas).....	15
FMVSS 104 (Sistema de barrido y sistema de lavado del parabrisas).....	16
FMVSS 105 (Sistema de frenos hidráulicos y eléctricos)	17
FMVSS 106 (Mangueras de freno)	20
FMVSS 108 (Luces, elementos reflectantes y equipos similares).....	33
FMVSS 109 (Llantas convencionales y ciertas llantas especializadas)	38
FMVSS 111 (Espejos retrovisores)	41
FMVSS 114 (Sistema de protección contra robos y prevención contra el rodamiento involuntario)	43
FMVSS 116 (Fluidos de freno)	44
FMVSS 117 (Llantas neumáticas reencuchadas)	48
FMVSS 118 (Ventanas, sistemas de particiones y techo solar eléctricos).....	49
FMVSS 119 (Nuevas llantas neumáticas para vehículos de más de 4.5 toneladas y motocicletas).....	50
FMVSS 121 (Sistemas de freno de aire comprimido)	51
FMVSS 122 (Sistemas de frenos de las motocicletas)	55
FMVSS 126 (Sistemas electrónicos de control de estabilidad).....	56
FMVSS 129 (Llantas no neumáticas nuevas para vehículos de pasajeros).....	59
FMVSS 131 (Dispositivos de seguridad peatonal de los buses escolares).....	61
FMVSS 135 (Sistemas de frenos de los vehículos ligeros)	67
FMVSS 138 (Sistemas de monitoreo de la presión de las llantas)	72
FMVSS 139 (Llantas radiales nuevas de vehículos livianos)	74
FMVSS 201 (Protección de los ocupantes contra impactos en el interior del vehículo).....	75
FMVSS 202a (Cabeceras).....	79

FMVSS 203 (Protección para el conductor contra impactos en el sistema de dirección del vehículo)	83
FMVSS 204 (Desplazamiento hacia atrás del sistema de dirección del vehículo)	84
FMVSS 205 (Materiales vítreos)	85
FMVSS 206 (Componentes de las cerraduras y de retención de las puertas)	91
FMVSS 207 (Sistemas de las sillas)	95
FMVSS 208 (Protección los ocupantes ante colisiones)	96
FMVSS 209 (Cinturones de seguridad).....	104
FMVSS 210 (Anclajes de los sistemas de cinturones de seguridad)	112
FMVSS 212 (Montaje del parabrisas)	114
FMVSS 213 (Sistemas de retención infantil)	114
FMVSS 214 (Protección contra impactos laterales).....	119
FMVSS 216 (Resistencia al aplastamiento del techo).....	122
FMVSS 217 (Salidas de emergencia, retención y liberación de las ventanas de los buses).....	123
FMVSS 218 (Cascos para motociclistas).....	125
FMVSS 219 (Zona de intrusión en el parabrisas).....	128
FMVSS 220 (Protección ante los vuelcos en los buses escolares)	129
FMVSS 221 (Resistencia de las uniones de los paneles del cuerpo de los autobuses escolares)	130
FMVSS 222 (Sillas y protección contra colisiones en los buses escolares).....	132
FMVSS 223 (Dispositivos anti-incrustamiento traseros)	136
FMVSS 225 (Anclajes de los sistemas de retención infantil)	137
FMVSS 226 (Protección contra la eyección de los pasajeros)	138
FMVSS 301 (Integridad del sistema de combustible)	138
FMVSS 302 (Flamabilidad de los materiales interiores)	139
FMVSS 303 (Integridad del sistema de combustible de los vehículos que utilizan gas natural comprimido como combustible)	140
FMVSS 304 (Integridad del contenedor de gas natural comprimido)	140
FMVSS 305 (Vehículos eléctricos: protección contra el derrame del electrolito y contra descargas eléctricas)	141
FMVSS 403 (Sistema de levantamiento de sillas de ruedas).....	141
FVMSS 500 (Vehículos de baja velocidad).....	146
Estándar de Parachoques.....	147
2.2 Requerimientos estadounidenses de protección ambiental	148
3. Normas de importación de vehículos en Canadá	151
3.1 Estándares canadienses de seguridad vehicular (CMVSS)	152
CMVSS 108 (Luces, elementos reflectantes y equipos similares).....	153
CMVSS 114 (Sistema de protección contra robos y prevención de rodamiento)..	153
CMVSS 201 (Protección de los ocupantes contra impactos en el interior del	

vehículo)	153
CMVSS 205 (Materiales vítreos)	153
CMVSS 208 (Sistemas de retención de los ocupantes ante colisiones frontales) ..	153
CMVSS 209 (Cinturones de seguridad)	154
CMVSS 210 (Anclajes de los sistemas de los cinturones de seguridad)	154
CMVSS 213 (Sistemas de retención infantil y de personas con movilidad limitada)	154
CMVSS 214 (Resistencia de las puertas laterales)	155
CMVSS 215 (Parachoques)	156
CMVSS 220 (Protección ante vuelcos)	156
CMVSS 222 (Sillas y protección contra colisiones en los buses escolares)	156
CMVSS 223 (Dispositivos anti-incrustamiento traseros)	156
CMVSS 301 (Integridad de los sistemas de combustible)	157
CMVSS 901 (Ejes)	157
CMVSS 903 (Especificaciones para los acoplamientos tipo C para semirremolques)	158
3.2 Requerimientos canadienses de protección ambiental	162
4. Normas de importación de vehículos en la Unión Europea	163
4.1 Regulaciones europeas concernientes a la seguridad vehicular	164
Desempeño de las luces de los vehículos	164
ECE 10 (Compatibilidad electromagnética de los vehículos)	174
ECE 11 (Cerraduras de las puertas y componentes de retención de las puertas) ..	178
ECE 12 (Protección del conductor ante impactos contra la manivela durante las colisiones)	179
ECE 13 (Frenado de vehículos de motor)	182
ECE 13h (Frenado de vehículos de pasajeros)	194
ECE 14 (Anclajes de los cinturones de seguridad, sistemas de anclaje ISOFIX y anclajes de sujeción superior ISOFIX)	197
ECE 16 (Cinturones de seguridad y sistemas de sujeción)	198
ECE 17 (Sillas, sus sistemas de sujeción y cabeceras)	204
ECE 18 (Sistema antirrobo)	207
ECE 21 (Elementos interiores de los vehículos)	208
ECE 22 (Cascos de motociclistas y sus visores)	211
ECE 25 (Cabeceras)	221
ECE 26 y ECE 61 (Proyecciones externas)	221
ECE 28 (Dispositivos de advertencia sonora y señales)	222
ECE 29 (Protección para los ocupantes de las cabinas de los vehículos comerciales)	223
ECE 30 (Llantas neumáticas)	225
ECE 32 (Colisiones traseras)	226
ECE 33 (Colisión delantera)	227

ECE 34 (Prevención contra el riesgo de incendios).....	227
ECE 36 (Requerimientos constructivos generales de los vehículos grandes de transporte público)	229
ECE 39 (Velocímetro).....	234
ECE 42 (Parachoques delantero y trasero).....	235
ECE 43 (Materiales vítreos de seguridad)	235
ECE 44 y R129 (Dispositivos de retención infantil y dispositivos de retención infantil mejorados).....	245
ECE 45 (Limpiadores de las luces frontales).....	259
ECE 46 (Dispositivos de visión indirecta)	259
ECE 48 (Instalación de las luces)	261
ECE 52 (Construcción general de los vehículos de pasajeros M2 y M3)	265
ECE 53 (Instalación de las luces de las motocicletas)	266
ECE 54 (Llantas neumáticas de los vehículos de carga y sus remolques).....	267
ECE 55 (Acoples mecánicos)	267
ECE 58 (Dispositivos anti-incrustamiento).....	269
ECE 62 (Sistemas antirrobo de las motocicletas y scooters).....	269
ECE 64 (Llantas de repuesto temporales, llantas y/o sistemas que se pueden usar cuando las llantas están estalladas, sistemas de monitoreo de presión)	269
ECE 66 (Resistencia de la superestructura de los vehículos grandes de pasajeros).....	270
ECE 67 (Vehículos que poseen tanques de gas LPG)	271
ECE 73 (Dispositivos anti-incrustamiento laterales)	282
ECE 75 (Llantas neumáticas para motocicletas y scooters)	283
ECE 78. (Sistemas de frenos de las motocicletas y scooters)	285
ECE 79 (Sistemas de dirección).....	292
ECE 80 (Sillas de buses).....	296
ECE 81 (Espejos retrovisores de motocicletas y scooters).....	299
ECE 88 (Llantas retrorreflectivas de motocicletas)	301
ECE 89 (Limitadores de velocidad)	304
ECE 93 (Dispositivos anti-incrustamiento frontales).....	308
ECE 94 (Protección ante colisiones frontales)	309
ECE 95 (Protección ante colisiones laterales)	313
ECE 97 (Sistemas de alarmas de los vehículos motorizados).....	315
ECE 100 (Vehículos eléctricos)	319
ECE 102 (Dispositivos de acoplamiento)	328
ECE 107 (Construcción general de microbuses, busetas y buses).....	332
ECE 108 (Llantas reencauchadas para vehículos de pasajeros y sus remolques)...	336
ECE 109 (Llantas reencauchadas para vehículos comerciales y sus remolques)....	337
ECE 110 (Componentes de los tanques de gas natural comprimido y licuado e instalación en los vehículos)	337
ECE 111 (Estabilidad de los cisternas)	358
ECE 114 (Módulo de reemplazo de las bolsas de aire).....	359

ECE 116 (Sistemas antirrobo)	366
ECE 117 (Ruido, adhesión y resistencia al ruedo de las llantas)	371
ECE 118 (Resistencia al fuego y a la impregnación de lubricantes).....	373
ECE 122 (Sistemas de calentamiento de los vehículos)	375
ECE 124 (Aros de repuesto de los vehículos de pasajeros y sus remolques)	377
ECE 125 (Campo de visión a través del parabrisas).....	381
ECE 126 (Sistemas de particiones).....	382
ECE 127 (Protección para los peatones)	384
ECE 130 (Sistemas de advertencia de salida del carril).....	389
ECE 131 (Sistemas de frenado de emergencia avanzados)	389
ECE 134 (Vehículos impulsados por celdas de hidrógeno).....	391
ECE 135 (Desempeño de los vehículos ante colisiones laterales contra postes)...	404
4.2 Requerimientos europeos de protección ambiental	406
ECE 9 (Nivel de ruido de los vehículos categorías L2, L4 y L5).....	406
ECE 24 (Contaminantes visibles emitidos por los motores de encendido por compresión)	407
ECE 40 (Emisión de contaminantes de las motocicletas).....	407
ECE 41 (Ruido de las motocicletas).....	410
ECE 47 (Emisión de contaminantes gaseosos de los scooters)	410
ECE 49 (Emisión de contaminantes de vehículos con un peso de referencia mayor a 2,610 kg, que usan motores de ignición por compresión o motores de ignición positiva impulsados por gas natural o gas licuado de petróleo)	411
ECE 51 (Ruido de los vehículos de al menos cuatro ruedas)	414
ECE 63 (Ruido de las motocicletas pequeñas).....	414
ECE 83 (Emisión de contaminantes de vehículos de acuerdo con el combustible que utilizan)	415
ECE 117 (Ruido, adhesión y resistencia al ruedo de las llantas)	419
5.Epílogo	423
Referencias	424
APÉNDICE 1.....	439
Cuadros comparativos de las normas de importación de vehículos en Costa Rica, los Estados Unidos de América, Canadá y la Unión Europea.	440
Anexos	487
Anexo A. Resumen de las pruebas que ATG realiza para verificar si los vehículos cumplen con las FMVSS y sus costos estimados.	488

Anexo B. Procedimiento simplificado para realizar las prueba del FMVSS 105.....	492
Anexo C. Partes de las llantas.....	493
Anexo D. Llantas radiales y diagonales	494
Anexo E. Criterios de aceptabilidad biomecánica.....	495
Anexo F. Valores estándares de las emisiones de gases de la EPA	496
Anexo G. Categorías vehiculares aplicadas en Europa	497
Anexo H. Valores límite del coeficiente de absorción de la luz aplicados en la regulación vehicular Europa N° 24	499

Glosario	500

Índice de Figuras

Ilustración 1-1. Distribución anual de vehículos de primer ingreso nuevos y usados, inspeccionados en Riteve SyC	3
Ilustración 2-1. Áreas A y C de un parabrisas	16
Ilustración 2-2. Prueba dinámica de ozono.....	23
Ilustración 2-3. Prueba de resistencia a la flexión y a la presión de aire	25
Ilustración 2-4. Prueba de dobladura	27
Ilustración 2-5. Prueba de deformación.....	28
Ilustración 2-6. Prueba de impacto en tubos de frenos.....	30
Ilustración 2-7. Prueba de abrasión de los focos.....	34
Ilustración 2-8. Curva de la prueba de temperatura de los focos	35
Ilustración 2-9. Prueba de deflexión de los focos cuyo bulbo es reemplazable	37
Ilustración 2-10. Prueba de resistencia de la carcasa de las llantas.....	39
Ilustración 2-11. Medición de la reflectancia de los espejos retrovisores	42
Ilustración 2-12. Determinación de la visibilidad lateral y trasera de los autobuses escolares	43
Ilustración 2-13. Medición de la temperatura de ebullición del reflujo.....	45
Ilustración 2-14. Prueba de funcionamiento de los sistemas de detección de obstrucciones de las ventanas, particiones o techos solares eléctricos	49
Ilustración 2-15. Ángulos de rotación de un vehículo.....	57
Ilustración 2-16. Gráficos del ángulo de la manivela y rotación de un vehículo sobre su propio eje vertical vrs tiempo	58
Ilustración 2-17. Prueba de resistencia a las fuerzas laterales en llantas no neumáticas	60
Ilustración 2-18. Señal de ALTO (STOP) de los buses escolares.....	62
Ilustración 2-19. Medición de la reflectividad de las señales de advertencia.....	63
Ilustración 2-20. Diagrama de cromaticidad.....	65
Ilustración 2-21. Puntos de medición del desempeño fotométrico de las señales de ALTO de los buses escolares	67
Ilustración 2-22. Curva admisible de aprovechamiento de la adherencia	69
Ilustración 2-23. Símbolos usados en el sistema de monitoreo de presión.....	73

Ilustración 2-24. Maniquí antropomórfico para pruebas de colisiones de vehículos	76
Ilustración 2-25. Prueba de choque de cabeza con movimiento libre	76
Ilustración 2-26. Ejemplo del cálculo de la resistencia a cargas inerciales aplicadas sobre el sistema de cierre de una puerta	77
Ilustración 2-27. Puntos de estudio del HIC(d) dentro de la cabina de un vehículo	78
Ilustración 2-28. Medición de las separaciones de la cabecera.....	80
Ilustración 2-29. Medición de la separación entre la cabecera y el asiento	80
Ilustración 2-30. Maniquí de pruebas para las cabeceras.....	82
Ilustración 2-31. Límites superior e inferior de la curva de aceleración para evaluar el desempeño dinámico de las cabeceras.....	82
Ilustración 2-32. Prueba de impacto del conductor contra el sistema de dirección	83
Ilustración 2-33. Dispositivo para medir el desplazamiento hacia atrás del sistema de dirección.....	84
Ilustración 2-34. Prueba de desviación óptica	87
Ilustración 2-35. Pruebas de resistencia estáticas aplicadas a las cerraduras de las puertas	91
Ilustración 2-36. Sistema de referencia coordinado de los vehículos.....	93
Ilustración 2-37. Curvas de aceleración de los vehículos en las pruebas de las fuerzas inerciales sobre las cerraduras	93
Ilustración 2-38. Prueba de resistencia del sistema de sujeción de las puertas corredizas.....	94
Ilustración 2-39. Pruebas de resistencia estática en las sillas	95
Ilustración 2-40. Prueba de resistencia estática al momento torsor	96
Ilustración 2-41. Prueba de choque lateral contra una barrera móvil	101
Ilustración 2-42. Prueba de vuelco	102
Ilustración 2-43. Prueba de choque frontal contra una barrera deformable.....	103
Ilustración 2-44. Sujetador para las pruebas de tensión en cinturones de seguridad .	105
Ilustración 2-45. Prueba de abrasión en cinturones de seguridad.....	106
Ilustración 2-46. Prueba de resistencia estática en los tornillos de fijación de los cinturones de regazo	108
Ilustración 2-47. Curvas de aceleración de las pruebas dinámicas de los rebobinadores de los cinturones de seguridad	110
Ilustración 2-48. Prueba de desempeño de los sistemas de cinturones de seguridad	112
Ilustración 2-49. Posiciones de ajuste de los cinturones de seguridad en buses escolares	113
Ilustración 2-50. Curva de aceleración en las pruebas del tipo I, para estudiar el desempeño de los dispositivos de retención infantil	115
Ilustración 2-51. Curva de aceleración en las pruebas del tipo II, para estudiar el desempeño de los dispositivos de retención infantil	116
Ilustración 2-52. Límites máximos del desplazamiento de la cabeza permitidos para los sistemas de retención infantil que se colocan viendo hacia atrás.....	116
Ilustración 2-53. Aplicación de fuerza de precarga y de apertura de las hebillas de los	

sistemas de retención infantil	117
Ilustración 2-54. Aplicación de fuerzas en las extremidades de los maniqués durante la prueba de apertura de las hebillas	118
Ilustración 2-55. Prueba de resistencia de las puertas ante impactos laterales	120
Ilustración 2-56. Prueba de choque contra una barrera deformable móvil	121
Ilustración 2-57. Prueba de resistencia del techo al aplastamiento	123
Ilustración 2-58. Determinación del área de choque para las pruebas de atenuación de impacto de los cascos para motociclistas.....	127
Ilustración 2-59. Prueba de los sistemas de retención de los cascos para motociclistas	128
Ilustración 2-60. Zona de intrusión en el parabrisas.....	129
Ilustración 2-61. Prueba de resistencia ante los vuelcos de los buses escolares	130
Ilustración 2-62. Unión del marco de las ventanas	131
Ilustración 2-63. Unión de las paredes y el piso	131
Ilustración 2-64. Probeta para la prueba de resistencia de una unión entre paneles ..	132
Ilustración 2-65. Curva de fuerza vrs deflexión permisible de los respaldares de las sillas de los buses escolares	133
Ilustración 2-66. Prueba de absorción de energía de los respaldares de las sillas de los buses escolares.....	134
Ilustración 2-67. Esquema de los puntos de prueba de los dispositivos anti-incrustamiento	136
Ilustración 2-68. Puntos de anclaje de los sistemas de retención para niños	137
Ilustración 2-69. Prueba de colisión trasera con una barrera móvil deformable.....	139
Ilustración 2-70. Plataforma de levantamiento de sillas de ruedas	142
Ilustración 2-71. Ciclo de prueba para la medición de los gases emitidos por los vehículos de motor	149
Ilustración 2-72. Área de prueba de la medición del sonido de los vehículos.....	150
Ilustración 3-1. Pruebas de deflexión en dispositivos anti-incrustamiento traseros.....	156
Ilustración 3-2. Acoplamiento tipo C.....	158
Ilustración 3-3. Máquina de pruebas de los acoplamientos tipo C.....	159
Ilustración 3-4. Prueba de rigidez torsional de los acoplamientos tipo C.....	161
Ilustración 4-1. Sistema coordinado esférico para las mediciones fotométricas	166
Ilustración 4-2. Distribución luminosa de las luces diurnas	167
Ilustración 4-3. Puntos de mediciones fotométricas de los focos delanteros equipados con fuentes de luz de descarga eléctrica en gas.....	168
Ilustración 4-4. Línea de corte de los focos delanteros equipados con fuentes de luz de descarga eléctrica en gas	169
Ilustración 4-5. Área de medición de la radiación emitida por los componentes eléctricos o electrónicos de los vehículos.....	175
Ilustración 4-6. Dedo de prueba articulado.....	181
Ilustración 4-7. Curva de utilización de la adhesión para los vehículos que no son categoría N1 y para remolques completamente cargados	189
Ilustración 4-8. Curvas de tasa de frenado contra la presión del aire para los tractocamiones utilizados para halar semirremo.....	190

Ilustración 4-9. Gráfico de la fuerza de frenado en función de la desaceleración de los sistemas de frenos electrónicos de los remolques	193
Ilustración 4-10. Ejemplo de la prueba de los servomotores de emergencia de la categoría B.....	197
Ilustración 4-11. Prueba de micro-deslizamiento	199
Ilustración 4-12. Acondicionamiento por exposición a la abrasión.....	201
Ilustración 4-13. Prueba dinámica de los cinturones de seguridad.....	203
Ilustración 4-14. Curva de aceleración en la prueba dinámica de los cinturones de seguridad.....	204
Ilustración 4-15. Curva de aceleración para la prueba de la resistencia de los asientos.....	205
Ilustración 4-16. Prueba del desempeño de las cabeceras	206
Ilustración 4-17. Instrumento utilizado para determinar las dimensiones de las protuberancias encontradas en la zona de referencia.....	209
Ilustración 4-18. Prueba de absorción de impactos de los cascos de motociclistas....	212
Ilustración 4-19. Prueba del efecto de las proyecciones y de la fricción de la superficie de los cascos de motociclistas.....	213
Ilustración 4-20. Prueba de rigidez de los cascos de motociclistas	215
Ilustración 4-21. Prueba dinámica del sistema de retención de los cascos de motociclistas	216
Ilustración 4-22. Prueba de la capacidad de retención del casco	217
Ilustración 4-23. Prueba de micro-deslizamiento de las fajas de los cascos de motociclistas	219
Ilustración 4-24. Prueba de resistencia a la abrasión de las fajas de los cascos de motociclistas	220
Ilustración 4-25. Determinación del tamaño de las proyecciones.....	222
Ilustración 4-26. Prueba de impacto frontal para los vehículos con la cabina montada sobre el motor (COE).....	224
Ilustración 4-27. Prueba de impacto frontal del pilar de la cabina.....	224
Ilustración 4-28. Prueba de resistencia del techo.....	225
Ilustración 4-29. Objeto utilizado para evaluar el espacio de los pasillos.....	231
Ilustración 4-30. Maniobrabilidad de los vehículos grandes de transporte público	232
Ilustración 4-31. Instrumento utilizado para determinar si los vehículos grandes de transporte público poseen suficientes agarraderas o barras	233
Ilustración 4-32. Prueba de impacto con una horma de cabeza	238
Ilustración 4-33. Prueba de la distorsión de imágenes	241
Ilustración 4-34. Medición de la distorsión de las imágenes.....	241
Ilustración 4-35. Prueba del objetivo para medir la separación de imágenes secundarias	242
Ilustración 4-36. Prueba de la colimación telescópica para medir la separación de imágenes secundarias.....	243
Ilustración 4-37. Prueba de resistencia a los químicos bajo una carga	244
Ilustración 4-38. Curvas de aceleración para impactos frontales o traseros para las pruebas de los dispositivos de retención infantil.	246
Ilustración 4-39. Planos que definen los límites del desplazamiento permitido de la	

cabeza en las pruebas de impacto de los dispositivos de retención infantil que se colocan viendo hacia adelante	247
Ilustración 4-40. Prueba de retención de las sillas elevadoras	248
Ilustración 4-41. Prueba de micro-deslizamiento de los ajustadores de los cinturones de seguridad de los sistemas de retención infantil.	250
Ilustración 4-42. Prueba de durabilidad de los ajustadores instalados directamente en los dispositivos de retención infantil.....	251
Ilustración 4-43. Cámara para la prueba de resistencia al polvo de los rebobinadores de los dispositivos de retención infantil	251
Ilustración 4-44. Prueba de abrasión de los cinturones de los dispositivos de retención infantil	254
Ilustración 4-45. Prueba de la capacidad de retención de los dispositivos de bloqueo tipo A.....	255
Ilustración 4-46. Prueba de la capacidad de retención de los dispositivos de bloqueo tipo B.....	255
Ilustración 4-47. Dispositivos de retención infantil mejorados.....	256
Ilustración 4-48. Rango de velocidades para las pruebas de impacto lateral de los dispositivos de retención infantil mejorados.....	258
Ilustración 4-49. Plano indicador del límite permitido del movimiento de la cabeza ..	258
Ilustración 4-50. Método de medición de la reflectividad de los espejos retrovisores	259
Ilustración 4-51. Prueba de flexión de algunos espejos retrovisores	260
Ilustración 4-52. Geometría de visibilidad de las luces indicadoras y los marcadores laterales.....	261
Ilustración 4-53. Restricción de la visibilidad de las luces frontales y traseras.....	262
Ilustración 4-54. Requerimiento de visibilidad de las marcas que se colocan en algunos vehículos de carga para hacerlos más notorios.....	263
Ilustración 4-55. Variación de la altura de la línea de corte de las luces bajas.....	265
Ilustración 4-56. Geometría del haz de luz de las luces delanteras y traseras de las motocicletas.....	266
Ilustración 4-57. Prueba de resistencia de una cabeza de acople.....	268
Ilustración 4-58. Prueba de resistencia en una quinta rueda	268
Ilustración 4-59. Prueba de resistencia de la superestructura de los vehículos de 16 o más pasajeros.....	271
Ilustración 4-60. Ubicación de las probetas para las pruebas de tensión de los materiales de los contenedores de gas LPG.....	272
Ilustración 4-61. Probetas para las pruebas de tensión del metal de soldadura	273
Ilustración 4-62. Prueba de flexión del material de los cilindros de gas LPG metálicos	273
Ilustración 4-63. Descripción del proceso para la prueba de impacto de tanques de materiales compuestos.....	277
Ilustración 4-64. Curva envolvente de referencia	284
Ilustración 4-65. Diagrama de aplicación de fuerza sobre control manual de frenado	286
Ilustración 4-66. Curva de aceleración para las pruebas dinámicas de las sillas de los buses.....	296

Ilustración 4-67. Ejemplo del mecanismo usado para los ensayos de flexión de los espejos retrovisores de las motocicletas y los scooters	301
Ilustración 4-68. Sistema de referencia CIE para las pruebas colorimétricas.....	302
Ilustración 4-69. Curva de velocidad vrs tiempo	305
Ilustración 4-70. Ciclos de prueba de los limitadores de velocidad.....	306
Ilustración 4-71. Aplicación de las fuerzas de prueba de los dispositivos anti-incrustamiento frontales	308
Ilustración 4-72. Límites de la deflexión del dispositivo anti-incrustamiento.....	309
Ilustración 4-73. Criterio de la fuerza de tensión en el cuello	310
Ilustración 4-74. Criterio de la fuerza cortante en el cuello	310
Ilustración 4-75. Criterio de la fuerza en el fémur.	311
Ilustración 4-76. Diagrama eléctrico para la medición de voltajes después de la prueba de colisión frontal y lateral.....	312
Ilustración 4-77. Prueba de inmunidad ante perturbaciones producidas por descargas electrostáticas.....	318
Ilustración 4-78. Prueba de protección del compartimiento de pasajeros	319
Ilustración 4-79. Medición de la resistencia eléctrica del aislamiento de la fuente de energía	320
Ilustración 4-81. Prueba de resistencia al choque mecánico de las fuentes de energía de los vehículos eléctricos	323
Ilustración 4-82. Prueba de integridad mecánica del sistema de suministro de los vehículos eléctricos.....	324
Ilustración 4-83. Prueba de recuperación de la distancia.....	329
Ilustración 4-84. Prueba de estabilidad en maniobra de cambio de carril.....	330
Ilustración 4-85. Prueba de estabilidad en el movimiento circular.....	331
Ilustración 4-86. Prueba de estabilidad al dejar el movimiento circular.....	331
Ilustración 4-87. Prueba de estabilidad al ingresar a un anillo circular	332
Ilustración 4-87. Estudio de las fuerzas de cerrado dinámicas.....	334
Ilustración 4-88. Prueba de movilidad de pasajeros en los pasillos	335
Ilustración 4-89. Prueba de susceptibilidad a la corrosión por estrés.....	341
Ilustración 4-90. Pre-condicionamiento de un cilindro para la prueba de resistencia al ambiente.....	347
Ilustración 4-91. Prueba de flexión de las mangueras de los tanques de gas natural comprimida y de gas natural licuado	353
Ilustración 4-92. Prueba de estabilidad de los camiones cisterna.....	358
Ilustración 4-93. Impulso semi-sinusoidal	360
Ilustración 4-94. Características de las vibraciones para probar los módulos de reemplazo de las bolsas de aire	361
Ilustración 4-95. Ciclos de la prueba de radiación sola de los módulos de reemplazo de las bolsas de aire.....	361
Ilustración 4-96. Ciclos de la prueba de choque térmico de los módulos de reemplazo de las bolsas de aire	362
Ilustración 4-97. Prueba de fatiga de los sistemas de las manivelas.....	363
Ilustración 4-98. Prueba de resistencia del mecanismo de bloqueo de la dirección ...	363

Ilustración 4-99. Prueba de la protección del compartimiento de pasajeros dada por el sistema de alarma	366
Ilustración 4-100. Prueba de inmunidad ante descargas electrostáticas	367
Ilustración 4-101. Ejemplos de pulsos para las pruebas de compatibilidad electromagnética	369
Ilustración 4-102 Ejemplos de pulsos para las pruebas de compatibilidad electromagnética	370
Ilustración 4-103 Prueba de inmunidad ante descargas electrostáticas	370
Ilustración 4-104 Evaluación del comportamiento durante el derretimiento de los materiales	374
Ilustración 4-105 Prueba de propagación de la llama en cables eléctricos	375
Ilustración 4-106. Evaluación del comportamiento durante el derretimiento de los materiales	378
Ilustración 4-107. Prueba de propagación de la llama en cables eléctricos	378
Ilustración 4-108. Prueba de flexión de los aros durante la rotación	380
Ilustración 4-109. Vista transversal de un aro	381
Ilustración 4-110. Prueba de impacto de los aros	382
Ilustración 4-111. Verificación del campo de visión de los conductores	383
Ilustración 4-112. Verificación de la capacidad de observar obstáculos	383
Ilustración 4-113. Gráfico de aceleración vs tiempo para la prueba de resistencia de las particiones	384
Ilustración 4-114. Prueba de resistencia de las particiones.....	385
Ilustración 4-115. Deflexión máxima permitida de las particiones.....	385
Ilustración 4-116. Horma de pierna	386
Ilustración 4-117. Prueba de impacto de la parte baja de la pierna contra el parachoques	386
Ilustración 4-118. Ejemplo de la identificación de las zonas de HIC de 1,000 y 1,700 en la capota de un vehículo.....	387
Ilustración 4-119. Prueba de impacto de la cabeza contra la capota	388
Ilustración 4-120. Determinación de la zona de impacto de la cabeza de un niño sobre la capota	393
Ilustración 4-121. Determinación de las líneas de referencia de la capota.....	405
Ilustración 4-122. Prueba de la caída de los tanques de hidrógeno comprimido	408
Ilustración 4-123. Prueba de impacto lateral contra un poste.	412
Ilustración 4-124. Ciclo utilizado para la prueba de emisión de contaminantes de las motocicletas.....	417
Ilustración 4-125. Descripción de los ciclos de la prueba ELR.	420
Ilustración 4-126. Ciclos de ambiente urbano y extra-urbano.	421

Índice de Tablas

Tabla 1-1. Normativa de referencia de los límites de emisiones de gases contaminantes de los vehículos de primer ingreso	6
Tabla 1-2. Niveles de emisiones máximas permitidas para los vehículos de gasolina de primer ingreso.....	6
Tabla 1-3. Niveles de emisiones máximas permitidas para los vehículos de diesel de primer ingreso.....	7
Tabla 1-4. Niveles de ruido permitidos en el escape de los vehículos en Costa Rica	7
Tabla 1-5. Valores permitidos de los parámetros utilizados para determinar el estado de los sistemas de frenos	9
Tabla 1-6. Niveles máximos de ruido emitidos por el escape de los vehículos en condición estática	10
Tabla 1-7. Límites de las emisiones de contaminantes para vehículos que utilizan gasolina o combustibles similares, requeridos para obtener el permiso de circulación que se emite en la inspección vehicular	10
Tabla 1-8. Valores límites de coeficientes de absorción (valor K)	11
Tabla 2-1. Desempeño requerido de los sistemas de descongelamiento y desempañado del parabrisas.....	19
Tabla 2-2. Requerimientos para las pruebas con la unidad de asistencia o la unidad de potencia desactivada	20
Tabla 2-3. Valores máximos de expansión máxima volumétrica por unidad de longitud de las mangueras hidráulicas	21
Tabla 2-4. Valores máximos de expansión máxima volumétrica por unidad de longitud de las mangueras hidráulicas	25
Tabla 2-5. Valores máximos de colapso para mangueras al vacío	28
Tabla 2-6. Luces y equipos requeridos por el FMVSS 108.....	38
Tabla 2-7. Resistencia de la carcasa de las llantas sin cámara	39
Tabla 2-8. Energía mínima de ruptura medida en Joules, para una llanta con una banda de rodadura de 152 mm de espesor	40
Tabla 2-9. Temperatura de ebullición de re ujo estable	44
Tabla 2-10. Temperatura de ebullición de reflujo estable	45
Tabla 2-11. Viscosidad cinemática requerida (mm ² /s) para los líquidos de freno.....	46
Tabla 2-12. Diferencia de peso máxima permisible de las varillas de la prueba de corrosión	47
Tabla 2-13. Velocidades utilizadas en la prueba de durabilidad de algunos tipos de neumáticos.....	50
Tabla 2-14. Energía de perforación mínima en Joules, para neumáticos de vehículos pesados.....	51
Tabla 2-15. Distancia de frenado requerida (ft) para vehículos con sistemas de frenos de aire comprimido.....	52
Tabla 2-16. Razón de fuerza retardante/GAWR requeridos.	53
Tabla 2-17. Distancias de frenado requeridas para los frenos de motocicleta.....	56
Tabla 2-18. Carga lateral mínima que deben soportar las llantas no neumáticas	59

Tabla 2-19. Energía mínima que deben soportar las llantas no neumáticas en una prueba de resistencia a la penetración	60
Tabla 2-20. Densidad específica mínima por unidad de área ($\text{cd}/[(\text{lm}/\text{ft}^2) \text{ ft}^2]$)	64
Tabla 2-21. Volumen de agua acumulada permisible en las señales de ALTO de los buses escolares	65
Tabla 2-22. Presiones de inflado de las llantas radiales, en KPa, para diferentes tipos de pruebas	75
Tabla 2-23. Magnitud de las fuerzas aplicadas (N) en las pruebas de resistencia estática de las cerraduras de las puertas	92
Tabla 2-24. Límites de tolerancia biomecánica en diferentes tipos de personas	100
Tabla 2-25. Requerimientos de desempeño de los sistemas de cinturones de seguridad	111
Tabla 2-26. Magnitud de las fuerzas aplicadas en las extremidades de los maniqués durante las pruebas de apertura de las hebillas	118
Tabla 2-27. Fuerzas mínimas requeridas en las pruebas de resistencia a impactos laterales	119
Tabla 2-28. Salidas de emergencia adicionales para buses escolares	125
Tabla 2-29. Prueba de impacto de los cascos de motociclistas	126
Tabla 3-1. Fuerzas de prueba aplicadas sobre los sistemas de retención personalizados para personas con movilidad limitada	155
Tabla 3-2. Cargas estáticas requeridas en las conexiones de los acoplamientos tipo C	160
Tabla 3-3. Valores de ruido permitidos para los vehículos canadienses, excepto motocicletas	162
Tabla 4-1. Intensidad luminosa requerida en algunos puntos de la pantalla de proyección de las luces bajas de los focos delanteros equipados con fuentes de luz de descarga eléctrica en gas.	169
Tabla 4-2. Valores de iluminación requerida por la ECE para los focos delanteros regulados bajo la normativa ECE 1	170
Tabla 4-3. Requerimientos colorimétricos de las luces laterales, según normativa ECE 91	171
Tabla 4-4. Requerimientos del flujo luminoso de algunas fuentes de luz de gas-descarga eléctrica	173
Tabla 4-5. Tipos de pruebas realizadas en las luces de los vehículos, según diversas regulaciones de la ECE	174
Tabla 4-6. Prueba de inmunidad a la radiación	176
Tabla 4-7. Pruebas de inmunidad de los ESA's ante perturbaciones conducidas por las líneas de suministro	177
Tabla 4-8. Amplitud máxima permitida de los pulsos emitidos por los ESA's	178
Tabla 4-9. Requerimientos de desaceleración y de distancia de frenado para los sistemas de frenos de los vehículos M2, M3, N1, N2 y N3.	186
Tabla 4-10. Requerimientos de desaceleración y de distancia de frenado para los sistemas de frenos secundarios de los vehículos M2, M3, N1, N2 y N3.	186
Tabla 4-11. Requerimientos de desaceleración y de distancia de frenado para el frenado residual después de un fallo de la transmisión M2, M3, N1, N2 y N3.	187

Tabla 4-12. Velocidades de prueba de los vehículos con frenos ABS	192
Tabla 4-13. Pruebas para verificar el desempeño de los sistemas electrónicos de estabilidad.....	194
Tabla 4-14. Criterios de aceptación de las pruebas de las proyecciones y de las superficies de fricción de los cascos de motociclistas	214
Tabla 4-15. Valores máximos de difusión de la luz de los visores de los cascos de motociclistas	218
Tabla 4-16. Requerimientos del nivel de la presión del sonido dB(A)	223
Tabla 4-17. Cantidad de puertas de servicio que deben tener los vehículos grandes para el transporte público.....	229
Tabla 4-18. Cantidad mínima de salidas de emergencia que deben tener los vehículos grandes para el transporte público	230
Tabla 4-19. Cantidad mínima de escotillas en vehículos grandes para el transporte público	230
Tabla 4-20. Velocidades de conducción para la corroboración de la exactitud de los velocímetros.....	234
Tabla 4-21. Requerimientos de los velocímetros.....	235
Tabla 4-22. Prueba de impacto con una bola de 227 g en un parabrisas de vidrio laminado ordinario	237
Tabla 4-23. Clasificación de los dispositivos de retención infantil según su masa	245
Tabla 4-24. Pruebas de abrasión de los cinturones de los dispositivos de retención infantil	254
Tabla 4-25. Resistencia a la ruptura de los cinturones de los dispositivos de retención infantil según el grupo de edad.....	254
Tabla 4-26. Criterios de aceptación biomecánica de las pruebas dinámicas de los sistemas de retención infantil mejorados.	257
Tabla 4-27. Colores asignados a diversos tipos de luces en los vehículos	264
Tabla 4-28. Límites permitidos en la variación de la altura de la línea de corte de las luces bajas cuando se varía el estado de carga del vehículo.....	265
Tabla 4-29. Temperatura de prueba y tiempo de duración de la prueba de termofluencia	275
Tabla 4-30. Dimensiones de la curva envolvente de referencia.....	285
Tabla 4-31. Límites requeridos de las distancias de frenado y desaceleraciones de las motocicletas y scooters.....	287
Tabla 4-32. Requerimientos de frenado de las pruebas de la falla del sistema de asistencia de los frenos	292
Tabla 4-33. Pruebas del sistema de dirección.....	293
Tabla 4-34. Desempeño del sistema de freno luego de una falla en el suministro de energía	294
Tabla 4-35. Desempeño del sistema de freno de emergencia luego de una falla en el suministro de energía.....	295
Tabla 4-36. Prueba de los sistemas de dirección auxiliares	295
Tabla 4-37. Ubicación y magnitud de las fuerzas estáticas para la determinación de la resistencia de las sillas de los buses.....	299

Tabla 4-38. Límites de la cromaticidad de las llantas retroreflectivas.....	302
Tabla 4-39. Coeficiente mínimo de intensidad luminosa R_v en mcd/lux.....	303
Tabla 4-40. Pruebas de durabilidad de los limitadores de velocidad.....	306
Tabla 4-41. Valores límite permitidos de los indicadores de daño corporal ante colisiones laterales.....	314
Tabla 4-42. Niveles de protección contra la intrusión de objetos en los componentes de los sistemas de alarmas.....	316
Tabla 4-43. Pruebas de vibración de los componentes de los sistemas de alarmas: características de los modos de vibración	316
Tabla 4-44. Frecuencias y aceleraciones para la prueba de vibraciones de las fuentes de energía de los vehículos eléctricos	321
Tabla 4-45. Fuerzas utilizadas en la prueba de resistencia estática de los elementos de sujeción de sillas de ruedas colocadas mirando hacia el frente	335
Tabla 4-46. Pruebas a las que se deben someter los tanques de gas según el tipo de material	338
Tabla 4-47. Pruebas de funcionamiento de los tanques de gas natural comprimido según su categoría constructiva	339
Tabla 4-48. Pruebas de desempeño del recubrimiento de los tanques de gas natural comprimido.....	343
Tabla 4-49. Etapas de la prueba de exposición al ambiente de los cilindros de gas natural comprimido.....	348
Tabla 4-50. Pruebas de los materiales de los tanques de gas natural licuado	349
Tabla 4-51. Ciclos de presurización de los dispositivos de alivio de la presión.....	350
Tabla 4-52. Pruebas de las mangueras de los tanques de gas natural comprimido y gas natural licuado.....	351
Tabla 4-53. Torque de prueba de los componentes de los tanques de gas natural comprimido.....	357
Tabla 4-54. Severidad de las pruebas de impacto mecánico de los módulos de reemplazo de las bolsas de aire.....	360
Tabla 4-55. Valores mínimos permitidos del agarre de las llantas en superficies húmedas.....	373
Tabla 4-56. Valores máximos de temperatura permitidos	376
Tabla 4-57. Límites permitidos de las emisiones de gases de los calentadores.....	376
Tabla 4-58. Cantidad de ciclos de la prueba de flexión de los aros.....	379
Tabla 4-59. Ciclos de torque variable	381
Tabla 4-60. Requerimientos de desempeño de los sistemas AEBS.....	391
Tabla 4-61. Ciclos de prueba de los dispositivos de regulación de la presión de los tanques de hidrógeno.....	396
Tabla 4-62. Límites máximos permitidos de los gases emitidos para las motocicletas con motores de dos tiempos.....	409
Tabla 4-63. Límites máximos permitidos de los gases emitidos para las motocicletas con motores de cuatro tiempos.....	409

Tabla 4-64. Niveles de ruido máximos permitidos para las motocicletas nuevas	410
Tabla 4-65. Descripción de las fases de la prueba ESC (emisiones).....	411
Tabla 4-66. Tiempos de vida útil de los motores de los vehículos con un peso de referencia mayor a 2610 kg.	413
Tabla 4-67. Límites de contaminantes permitidos para las pruebas ESC y ELR.....	413
Tabla 4-68. Límites de contaminantes permitidos para las pruebas ETC.....	414
Tabla 4-69. Límite de emisión de contaminates.	415
Tabla 4-70. Requerimientos de emisión CO y HC a baja temperatura	417
Tabla 4-71. Tipos de pruebas de emisión de contaminantes de los vehículos según el tipo de combustible y el tipo de motor	418
Tabla 4-72. Ejemplo de los niveles de ruido máximos permitidos para llantas de la categoría C1.	420
Tabla 4-73. Valores máximos de resistencia al ruedo	421

Estudio comparativo de las normativas de importación de vehículos en Costa Rica y en diferentes partes del mundo



Introducción

En algunos países del mundo como los Estados Unidos de América, Canadá y algunos países de la Unión Europea se han establecido los requerimientos mínimos de seguridad con que deben contar los vehículos para ser importados o distribuidos dentro de su territorio. Para ello se llevan a cabo varias pruebas de los vehículos y de los diversos componentes vehiculares con el fin de determinar si cumplen con tales requerimientos, permitiendo así medir el desempeño, resistencia a la fatiga, resistencia al medio ambiente y capacidad de protección de los ocupantes. Esas pruebas se llevan a cabo en laboratorios de seguridad vehicular o en las mismas plantas de producción y varias de ellas producen daños irreparables en los vehículos o en sus componentes, ya que son pruebas destructivas, como lo son las pruebas de impacto.

Para que los vehículos ingresen a Costa Rica no se exige ninguna de esas pruebas, sino que simplemente son sometidos a las pruebas de la Inspección Vehicular (IVE), las cuales están diseñadas para evaluar el estado de mantenimiento de los vehículos que están en circulación. Por lo tanto, tales pruebas no pueden ser destructivas y no permiten evaluar el desempeño de varios elementos de seguridad de los vehículos. Esto podría permitir que ingresen al país vehículos menos seguros, a pesar de que sean de las mismas marcas y modelos vendidos en otras regiones, lo cual es un problema que se puede dar en varios países latinoamericanos. De hecho, Furas y Sandner (2014) indicaron que en lo que respecta a los niveles de seguridad, algunos de los vehículos que se venden en Latinoamérica están 20 años atrás que los vehículos europeos, lo cual se debe a la falta de sistemas de seguridad como las bolsas de aire y a la mala resistencia de la carrocería.

Debido a ello, es importante conocer las pruebas que se llevan a cabo en los vehículos y en los componentes vehiculares antes de ser importados a diversos países, lo cual puede servir de guía para mejorar los requerimientos de importación de vehículos en Costa Rica.

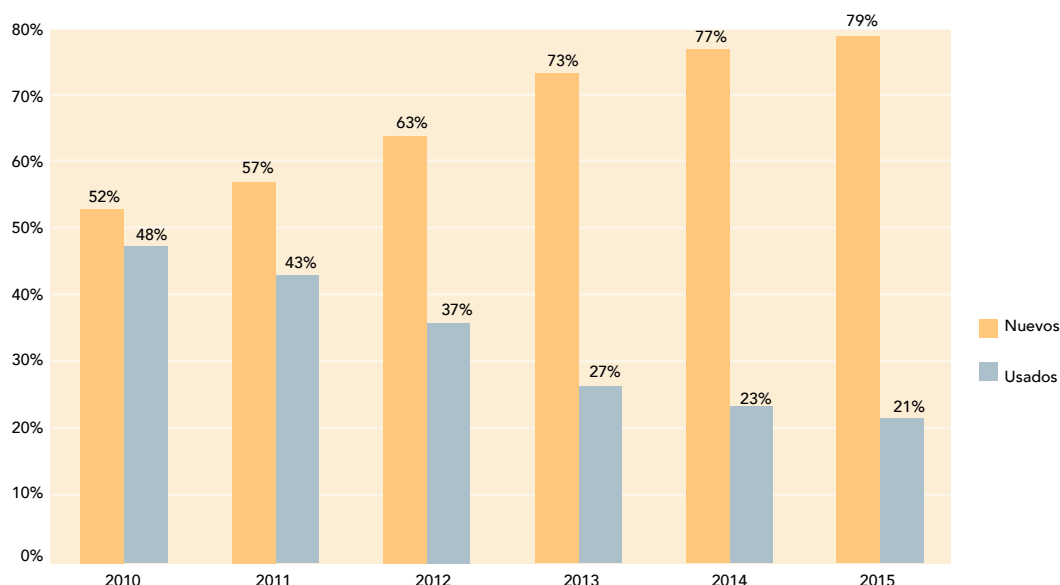
1

Normativa acerca de los dispositivos de seguridad vehicular en Costa Rica

La industria automovilística continuamente está introduciendo avances en el diseño de los vehículos. Algunos de esos avances se enfocan en la estética de estos, otros en mejorar su eficiencia, en la implementación de energías alternativas para impulsarlos o en la mejora de los sistemas de seguridad. Al crear nuevos modelos, las personas que pueden costearlos venden sus automóviles a otras personas cuyos recursos son más limitados y tienen que comprar un carro usado, por lo que los vehículos usados no son desechados, sino que continúan en circulación por varios años deteriorándose cada vez más; además, los vehículos usados pueden carecer de ciertos sistemas de seguridad y los que poseen pueden deteriorarse también. Pero esa actividad económica no afecta solamente a los países productores de vehículos, sino que afecta a todos los países

a nivel mundial, ya que los vehículos nuevos y usados son distribuidos en varias partes del mundo. En la actividad de la exportación e importación de vehículos se distribuyen tanto los automotores último modelo como los usados y Costa Rica no es la excepción, como se aprecia en la Ilustración 1-1, en donde se observa que en años anteriores el porcentaje de vehículos usados que se importaron era alto, pero que ha ido en disminución en los años recientes. Este cambio en la dinámica de importación de vehículos podría requerir de la implementación de nuevas normativas para asegurar que los vehículos cumplen con ciertos requisitos mínimos de seguridad.

Ilustración 1-1. Distribución anual de vehículos nuevos y usados inspeccionados en Riteve SyC.



Elaboración propia. La información se obtuvo de la base de datos de vehículos de la empresa Riteve S y C.

Debido a la gran cantidad de vehículos que se importan desde y hacia diversas partes del mundo, en algunos países se han creado normas de importación de vehículos que buscan asegurar que los vehículos importados cumplan con sus propios estándares de seguridad y emisiones de contaminantes. Las normativas de importación de vehículos son importantes ya que los estándares de seguridad pueden presentar variaciones en diversas partes del mundo, por lo que deben establecerse tales normativas para asegurar que no ingresen vehículos que no cumplan con lo requerido. En Costa Rica no existe una normativa de importación de vehículos, sino que en la Ley de Tránsito por las Vías Públicas Terrestres se especifican ciertos requerimientos, los cuales distan de ser considerados como estándares. Para que los vehículos puedan circular por el territorio nacional deben aprobar las pruebas que se realizan en la inspección vehicular (IVE), las cuales tampoco son normas de importación, sino que éstas están enfocadas en promover que los propietarios de los vehículos les den un mantenimiento adecuado a sus automotores.

1.1 Ley N° 9078 o Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial. Requisitos para la circulación de vehículos

En lo que respecta a la importación de vehículos, el artículo N° 5 de la Ley de Tránsito estipula que los vehículos que sufrieron un accidente que produjo un daño tal que se considera como pérdida total, no pueden ser importados al país.

La Ley de Tránsito también estipula los requisitos que deben cumplir los vehículos para obtener los permisos de circulación en el territorio nacional. En esta ley se indican algunas características constructivas y de funcionamiento de los vehículos; no obstante, la mayoría de ellas se basan en ciertos componentes que los vehículos deben presentar, pero no se fundamentan en su desempeño, por lo que no se estipulan los requerimientos mínimos de desempeño ni los procedimientos para llevar a cabo las respectivas corroboraciones de funcionamiento de algunos de los sistemas de seguridad.

Entre las características generales constructivas se establecen los requerimientos de los cinturones de seguridad, sistemas de protección de los ocupantes, sistemas de iluminación, espejos, parachoques, llantas neumáticas, frenos, protección para los peatones, parabrisas, sistemas de limpieza del parabrisas delantero, salidas de emergencia y sistema de dirección.

A continuación se mencionan brevemente los requerimientos de las características constructivas generales estipuladas el artículo N° 32 de la Ley de Tránsito:

- A** Tener un parabrisas delantero y un parabrisas trasero, siempre que la naturaleza constructiva del vehículo lo permita.
- B** Estar provistos de una bocina.
- C** Tener un indicador de velocidad en kilómetros por hora.
- D** Tener un volante de conducción o dirección ubicado al lado izquierdo o al centro, de acuerdo con su naturaleza constructiva.
- E** Contar con cinturones de seguridad de al menos tres puntos en todos los asientos laterales, salvo que su naturaleza constructiva no lo permita. En tal caso, deberán utilizar, como mínimo, cinturones del tipo subabdominal. En los restantes asientos deberán poseer cinturones subabdominales. Se exceptúan de esta obligación los autobuses y las busetas de ruta regular para el servicio de transporte remunerado de personas y los vehículos tipo UTV, bicimoto y motocicleta.
- F** Contar con espejos retrovisores o cualesquiera otros dispositivos que le permitan al conductor observar el vehículo y la vía.
- G** Estar provistos de los dispositivos proyectores de luz alta y baja, de freno, de reversa, de posición, direccionales, intermitentes de emergencia y de identificación de placa en perfecto estado en sus funciones.
- H** Estar provistos de un dispositivo de parachoques delantero y otro trasero. Se exceptúan de este requisito los vehículos de carga que utilicen el dispositivo antiincrustamiento como mecanismo sustitutivo en su parte trasera.



- I Tener un silenciador para el escape.
- J Estar equipado con frenos capaces de moderar y detener el movimiento del vehículo de un modo seguro, rápido y eficaz; así como con un freno de estacionamiento o de seguridad.
- K Los vehículos de motor, que utilicen un sistema de aire comprimido para el funcionamiento de sus propios frenos o de los frenos de cualquier vehículo remolque o semirremolque adherido a él, deberán estar provistos de una señal de advertencia visible y sonora, ubicada en el panel de instrumentos del habitáculo del conductor del vehículo.
- L Contar con un sistema de control de emisiones contaminantes.
- M Tener limpiadores o escobillas en el parabrisas delantero.

Además de esos requisitos generales, hay otros artículos de la Ley de Tránsito que establecen los requisitos de ciertos vehículos específicos. El artículo N° 33 indica los requerimientos de los automóviles, entre los que destacan:

- A Poseer apoyacabezas, siempre y cuando estos no afecten la visibilidad del conductor.
- B Contar con un desempañador para los parabrisas delantero y trasero.
- C Contar al menos con un sistema de bolsas de aire para la protección de los ocupantes de los asientos delanteros.

Por otro lado, en el artículo N° 34 se establecen los requisitos de los vehículos de carga, remolques y semirremolques. Entre los principales se encuentran:

- A Los remolques pesados y los semirremolques deberán utilizar cintas retrorreflectivas y luces de freno.
- B Los vehículos de carga pesada de más de 4,000 kilogramos de carga útil deberán contar con un dispositivo antiincrustamiento en la parte trasera.
- C Contar, en vehículos de carga liviana tipo *pick-up*, al menos con un sistema de bolsas de aire para la protección de los ocupantes de los asientos delanteros.

También se contemplan requisitos específicos para los vehículos de transporte público, los cuales se encuentran en el artículo N° 35 de la Ley de Tránsito. Entre los requisitos asociados a la seguridad vial destacan:

- A** Contar con una salida de emergencia de fácil acceso, independiente de las puertas de entrada y salida del autobús, la que deberá estar situada en la parte trasera o en el lado opuesto a las puertas del vehículo.
- B** En el caso de vehículos para transporte exclusivo de estudiantes, salvo los de transportes de estudiantes universitarios, deberán estar provistos de cinturones de seguridad para todos sus ocupantes.
- C** Cumplir las disposiciones establecidas en la Ley N° 7600 o Ley de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad, la cual en el artículo N° 45 establece que se deben adoptar medidas técnicas para que los vehículos se adapten a las necesidades de las personas con discapacidades.

Como se mencionó anteriormente, en la Ley de Tránsito se estipulan las características constructivas y de funcionamiento que deben poseer los vehículos para poder transitar por las vías públicas. No obstante, los únicos requerimientos que deben cumplir los vehículos para ser importados son los requisitos de los límites de emisiones de gases y que satisfagan los requerimientos verificados en las pruebas que realiza la IVE, según lo estipula el artículo N° 40 de la Ley de Tránsito.

Al establecer requisitos para los límites de emisiones se busca asegurar que la cantidad de gases que emiten los vehículos que se importan no sea muy perjudicial para el medio ambiente y también asegurar que los automotores no sean demasiado ruidosos. El Decreto Ejecutivo N°39724-MOPT-MINAE-S establece los niveles de emisión de gases permitidos de los vehículos de primer ingreso según lo especifica la normativa europea. En la Tabla 1-1 se muestra la normativa de referencia, según el año de ingreso de los vehículos, mientras que en las Tablas 1-2 y 1-3 se muestran los valores máximos de emisiones de gases contaminantes para vehículos de gasolina y diesel respectivamente.

Tabla 1-1. Normativa de referencia de los límites de emisiones de gases contaminantes de los vehículos de primer ingreso

Año de importación	Norma de cumplimiento
A partir del 1° de enero del 2017	Euro 3, Tier I o superior
A partir del 1° de enero del 2018	Euro 4, Tier II o superior
A partir del 1° de enero del 2021	Euro 6, Tier III o superior

Obtenida del Decreto Ejecutivo N°39724-MOPT-MINAE-S: Reglamento para el control de las emisiones contaminantes producidas por los vehículos con motor de combustión interna.

Tabla 1-2. Niveles de emisiones máximas permitidas para los vehículos de gasolina de primer ingreso

Estándar	Euro 3	Euro 4	Euro 6	Unidad de medida
Óxido de Nitrógeno (NOx)	0.15	0.08	0.06	g/km
Monóxido de Carbono (CO)	2.3	1.0	1.0	g/km
Hidrocarburos (HC)	0.2	0.10	0.10	g/km
Partículas (PM)*	-	-	0.005 6.0 x 10 ¹¹	g/km km ⁻¹

* Solo para vehículos de inyección de combustible

Modificada de *Euro emissions standards, por the Automobile Association, 2015.*

Tabla 1-3. Niveles de emisiones máximas permitidas para los vehículos de diesel de primer ingreso

Estándar	Euro 3	Euro 4	Euro 6	Unidad de medida
Óxido de Nitrógeno (NOx)	0.50	0.25	0.08	g/km
Monóxido de Carbono (CO)	0.64	0.50	0.50	g/km
HC + NOx	0.56	0.30	0.17	g/km
Partículas (PM)	0.05	0.025	0.005 6.0 x 10 ¹¹	g/km km ⁻¹

Modificada de *Euro emissions standards, por the Automobile Association, 2015.*

El Decreto Ejecutivo N°39724-MOPT-MINAE-S, también indica las tecnologías con que deben contar los vehículos para reducir las emisiones contaminantes. En él se estipula que los vehículos que ingresaron a partir del "1° de enero de 1995, deben contar con un sistema de regulación de escape, escape de retención de evaporación de combustible, purga del cárter del motor y catalizador." Luego, a partir del 26 de octubre del 2012 en adelante, los vehículos ingresados "deben contar con una sonda lambda y un catalizador de tres vías." Posteriormente, a partir del 1° de enero del 2017 las motocicletas que ingresen al país "deben contar con purga del cárter a nivel del motor y catalizador." No obstante, en este sentido el reglamento es flexible, ya que permite que los vehículos posean otros tipos de sistemas de control de las emisiones siempre y cuando tales sistemas aminoren los niveles de emisión de contaminantes.

Además, de acuerdo con la Ley N° 9078, los vehículos deben cumplir con ciertos límites de emisión de ruido. Los niveles de ruido permitidos están establecidos en el decreto N°38937-MOPT, y éste restringe solamente el ruido producido por el escape de los vehículos, el cual tiene que mantenerse dentro de los límites indicados en la Tabla 1-4. Además, en el caso de los vehículos que cuenten con el sistema de freno motor, el nivel de ruido al desacelerar utilizando dicho sistema no debe superar los 112 dBA.

**Tabla 1-4. Niveles de ruido permitidos en el escape de los vehículos en Costa Rica**

Categoría	Nivel sonoro máximo dB (A)
Automóvil	90
Vehículo de carga liviana y microbuses	92
Busetas y autobuses	94
Vehículo de carga pesada	96
Motocicletas, bicimotos	Entre 0 - 250 cc, inclusive > 250 cc*
	94 96

* cc significa centímetros cúbicos

Obtenida del Decreto Ejecutivo N°38937-MOPT: Reglamento para el control de ruido emitido por el escape de los vehículos automotores.

El artículo N° 40 de la Ley N° 9078 indica que los vehículos nuevos que se van a importar deben ser sometidos a la IVE, por lo que de acuerdo con el artículo N°11 del Decreto 30751-MOPT, el CIVF selecciona una muestra del lote de los vehículos nuevos para revisarlos. En la IVE se llevan a cabo exámenes visuales y exámenes mecanizados; no obstante, las pruebas están enfocadas principalmente en determinar el estado de los vehículos con el objetivo de dar a conocer a los propietarios acerca del tipo de mantenimiento correctivo que deben aplicar para poder obtener los permisos de circulación, en vez de medir el desempeño de los componentes de los vehículos.

1.2 Inspección Vehicular (IVE)

La mayoría de los exámenes que se realizan en la inspección vehicular consisten en pruebas visuales en las que se verifica la existencia, estado y funcionamiento de componentes como: los rótulos indicativos, los espejos retrovisores, soporte de la llanta de repuesto, que no hallan aristas en la cabina u objetos peligrosos en la carrocería o en la cabina, los cinturones de seguridad, vidrios de seguridad, alumbrado interior, el sistema de iluminación externo, entre otros. Algunos dispositivos de seguridad también son sometidos a pruebas mecanizadas, las cuales se llevan a cabo para medir ciertos parámetros de funcionamiento de componentes como: las luces, el sistema de frenos, el sistema de dirección y el sistema de suspensión.

En la prueba mecanizada de las luces se corrobora que el sistema de iluminación no emita un haz de luz orientado de tal manera que pueda deslumbrar a los conductores de otros vehículos y que alumbren adecuadamente la vía (Fiscalización Técnica Vehicular, 2014).

Además de las mediciones de la intensidad luminosa, en la IVE también se hacen pruebas mecanizadas para comprobar el estado y funcionamiento de los sistemas de frenos de los vehículos. Estas pruebas se llevan a cabo en un frenómetro, el cual consta de unos rodillos que permiten medir las fuerzas de frenado ejercidas en las llantas. El adecuado estado del sistema de frenos se determina a partir de los parámetros de eficacia de frenado y del desequilibrio de frenado. La eficacia de frenado se mide a partir de la razón de la fuerza total de frenado (F) entre el peso total del vehículo (P) como se muestra en la siguiente ecuación: $E = (F \cdot 100\%) / (9,81 \cdot P)$. El procedimiento para determinar la eficacia depende del tipo de sistema de frenos a analizar, de forma que para realizar la medición de la fuerza total de frenado de los frenos de servicio, se deben desacelerar los vehículos de manera constante, y los valores permitidos de la eficacia varían según el tipo de vehículo, como se muestra en la Tabla 1-5. En el caso de los frenos de estacionamiento su eficacia y su desequilibrio se miden activándolos lentamente y por etapas. La medición de la eficacia de los frenos de servicio no es suficiente, ya que se debe corroborar la estabilidad del sistema de frenos, para lo cual se lleva a cabo la medición del desequilibrio (Fiscalización Técnica Vehicular, 2014).

El desequilibrio indica la diferencia de las fuerzas de frenado entre las llantas de un mismo eje y para medirlo se utiliza la siguiente ecuación: $D = (F_{\text{max}} - F_{\text{min}}) \cdot 100\% / F_{\text{max}}$ (Fiscalización Técnica Vehicular, 2014). Los valores permitidos del desequilibrio se muestran en la Tabla 1-5.

Los valores de la eficacia y el desequilibrio también se utilizan para corroborar el funcionamiento de los frenos de inercia de los vehículos de carga pesada, no obstante los valores permitidos son relativos. Por otro lado, contrariamente a los sistemas de frenos ya mencionados, para verificar el estado de los frenos

auxiliares sólo se miden las fuerzas de frenado para determinar si estas aumentan o decrecen según los cambios que el conductor produce en la aceleración del vehículo (Fiscalización Técnica Vehicular, 2014).

Tabla 1-5. Valores permitidos de los parámetros utilizados para determinar el estado de los sistemas de frenos

Tipo de freno	Parámetro	Tipo de vehículo	Valor permitido
Frenos de servicio	Eficacia	Automóviles y vehículos de carga con PMA < 3,500 kg	$E \geq 51\%$
		Vehículos de carga con PMA > 3,500 kg	$E \geq 41\%$
		Transporte colectivo de personas	$E \geq 46\%$
	Desequilibrio	-	$D^* < 20\%$
		-	$20\% < D < 35\%$
Freno de estacionamiento	Eficacia		$E \geq 18\%$

Modificado del *Manual de Procedimientos para la Revisión Técnica de Vehículos Automotores en las Estaciones de RTV*, por la Fiscalización Técnica Vehicular, 2014. Aquí *E* significa eficacia de frenado y *D* el desequilibrio de frenado. *Cabe destacar que el desequilibrio de frenado debe ser menor que el 20%, pero si está entre el 20% y el 35% se considera que el vehículo posee un defecto leve y no se le prohíbe el derecho de circulación, pero si es mayor al 35% se le considera defecto grave y por lo tanto debe ser corregido el problema para poder circular.

En los sistemas de frenos neumáticos no es suficiente determinar si cumplen con los requerimientos de la eficacia y el desequilibrio, sino que también se debe corroborar que posean un tiempo de respuesta adecuado. Para ello se descarga el circuito de aire con el motor apagado y luego se verifica que el compresor aumente la presión al valor requerido en un tiempo que no se considere excesivo (Fiscalización Técnica Vehicular, 2014).

Otro sistema que es sometido a una inspección mecanizada es el sistema de la dirección para determinar si los vehículos poseen defectos mecánicos que puedan provocar deslizamientos peligrosos de las llantas con respecto a la calzada, pérdida de fuerzas de frenado y desgaste excesivo de la banda de rodadura de las llantas. La prueba consiste en determinar el grado de desviación del sistema de dirección (defecto conocido como deriva), lo cual se lleva a cabo al colocar las llantas del eje delantero sobre una placa sobre la que se hace circular el vehículo. Si la placa se rota en algún sentido significa que la dirección está desviada. Se considera un defecto leve si la desviación es mayor a 10 m/km y menor a 15 m/km, y defecto grave si la desviación es superior a 15 m/km (Fiscalización Técnica Vehicular, 2014).

El último sistema que es sometido a pruebas mecanizadas es el sistema de suspensión. En esta prueba se colocan los vehículos sobre un banco de suspensión en el que se mide la capacidad del sistema de mantener las llantas en contacto con la superficie de rodamiento ante las irregularidades de la vía, lo cual se determina a partir de la eficacia del sistema de suspensión expresada en términos porcentuales para cada una de las llantas, pero esa prueba no se lleva a cabo en los ejes que incorporan ballestas en su sistema de suspensión. El desequilibrio de suspensión en las ruedas del mismo eje debe ser menor o igual al 50% o de lo contrario se considera que el vehículo posee un defecto leve (Fiscalización Técnica Vehicular, 2014).

En la revisión técnica vehicular también se llevan a cabo las mediciones de ruido y de los gases contaminantes de los vehículos. Los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes pueden variar con respecto a los estipulados en los reglamentos de emisiones de ruido y gases, ya que en el manual de procedimientos se estipulan los límites con que deben cumplir los vehículos que ya se encuentran en circulación en el país. En las tablas 1-6, 1-7 y 1-8 se muestran los valores máximos permitidos de ruido y gases contaminantes estipulados en el manual de la revisión técnica vehicular. Cabe destacar que en el caso de los motores de encendido por compresión, las mediciones se basan en el porcentaje de oscurecimiento y en la opacidad de los gases, como lo muestra la Tabla 1- 8.

Tabla 1-6. Niveles máximos de ruido emitidos por el escape de los vehículos en condición estática

Tipo	Ruido
Automóviles, vehículos rústicos, taxis y vehículos cuyo peso bruto sea hasta 3500 kg	96 dB(A)
Bicimotos, motocicletas, microbuses y vehículos cuyo peso bruto sea entre 3500 kg y 8000 kg	98 dB(A)
Autobuses, busetas y vehículos cuyo peso bruto sea mayor a 8000 kg	100 dB(A)

Obtenida del *Manual de procedimientos para la revisión técnica de vehículos automotores en las estaciones de RTV, por la Fiscalización Técnica Vehicular*, 2014.

Tabla 1-7. Límites de las emisiones de contaminantes para vehículos que utilizan gasolina o combustibles similares, requeridos para obtener el permiso de circulación que se emite en la inspección vehicular

Tipo de vehículo		Fecha de inscripción	Prueba a ralentí			Prueba con el motor acelerado		
			CO	HC	CO ₂	CO	HC	CO ₂
Motor de cuatro tiempos	Bicimotos, motocicletas y cuadraciclos	Cualquier fecha	≤ 4.5%	≤ 2,800 ppm	-	-	-	-
	El resto de los vehículos	Antes del 1 de enero de 1995	≤ 4.5%	-	-	-	-	-
		Desde el 1 de enero de 1995 hasta el 31 de diciembre de 1998	≤ 2%	≤ 350 ppm	-	≤ 0.5%	≤ 125 ppm	-
		Desde el 1 de enero de 1999	≤ 0.5%	≤ 125 ppm	≥ 10%	≤ 0.3%	≤ 100 ppm	≥ 12%
Motor de dos tiempos	Bicimotos, motocicletas y cuadraciclos	Cualquier fecha	≤ 4.5%	≤ 12,500 ppm	-	-	-	-
	El resto de los vehículos	Cualquier fecha	≤ 4.5%	≤ 2,500 ppm	-	-	-	-

Los porcentajes aquí indicados son porcentajes relativos al volumen total de los gases emitidos. Además, ppm significa partículas por millón. Modificado del *Manual de procedimientos para la revisión técnica de vehículos automotores en las estaciones de RTV, por la Fiscalización Técnica Vehicular*, 2014.

Tabla 1-8. Valores límites de coeficientes de absorción (valor K)

Tipo de vehículo	Fecha de ingreso o de la primera inscripción	Valores límite de % de oscurecimiento	Valores límite de opacidad (K)
PMA < 3,500 kg y motocicletas	Antes del 01/01/99	70%	2.8
	Desde el 01/01/99	60%	2.15
PMA ≥ 3,500 kg y vehículos turboalimentados	Antes del 01/01/99	80%	3.8
	Desde el 01/01/99	70%	2.8

Obtenida del *Manual de procedimientos para la revisión técnica de vehículos automotores en las estaciones de RTV, por la Fiscalización Técnica Vehicular*, 2014.

En la Ley de Tránsito o en el reglamento de la revisión técnica vehicular no se mencionan aspectos concernientes a algunas tecnologías recientes que incrementan la seguridad de los vehículos automotores, como es el caso de los frenos de aire de disco que según Grygier et al. (2007), este tipo de frenos reduce la distancia de frenado y reduce las colisiones y fatalidades cuando se deben realizar frenadas de emergencia. En el estudio de Bernal Gamboa (2005) titulado *Constitucionalidad de la Regulación de los Sistemas de Seguridad Automotriz*, el autor evalúa ciertos aspectos de la ley respecto a este tema y realizó el análisis de algunas de sus deficiencias, como se muestra a continuación:

1. Frenos:

En el aspecto de los frenos de los vehículos la legislación costarricense no está actualizada, ya que en ella no se mencionan tecnologías como los frenos ABS, los frenos de disco de aire para los vehículos de carga pesada, ni los frenos electrónicos.

2. Control electrónico de estabilidad:

No existe ninguna normativa acerca de estos sistemas.

3. Sistema de dirección:

No se especifican aspectos acerca de los sistemas de dirección hidráulica.

4. Sistemas de suspensión:

No se especifican aspectos acerca de los sistemas de suspensión independientes.

5. Sistemas de iluminación:

No se hace mención acerca de las luces diurnas.

6. Carrocería:

Hace falta incluir normativas acerca de los dispositivos antiincrustamiento de los vehículos de carga pesada.

7. Cinturones de seguridad:

Se podrían incluir en la normativa los cinturones de seguridad pirotécnicos.

8. Cabeceras o apoyacabezas:

No se menciona nada acerca de los diseños recientes ni de la posición que deben tener.

Al tratar de establecer normativas que regulen los dispositivos de seguridad, se debe determinar si se pueden presentar conflictos con los derechos de propiedad y los derechos de libertad de tránsito. De acuerdo con Gamboa (2005), como en la materia de los dispositivos de seguridad activa se busca ayudar a prevenir los accidentes de tránsito, ella protege los derechos a la vida y la seguridad de las personas; y por lo tanto, en este sentido el estado costarricense está desactualizado puesto que en sus regulaciones no se han hecho cambios para incluir nuevos avances tecnológicos que han hecho más seguros los dispositivos de seguridad activa y pasiva. No obstante, existe una limitante en cuanto a la imposición de nuevas normativas en los sistemas de seguridad activa, ya que sería “una restricción demasiado fuerte a los derechos de propiedad y libertad de tránsito” si se exigiera que todos los vehículos dispongan de tecnologías de seguridad activa muy avanzadas porque perderían el derecho de circulación los modelos que son muy antiguos (pp.237-239).

Así mismo, Gamboa (2005) recalcó que se pueden establecer normativas acerca de la existencia y uso de los dispositivos de seguridad pasiva ya que estos ayudan a resguardar intereses sociales “como la salud pública, el interés público, el bienestar general, el orden público y la seguridad entre otros” (p.241).

A pesar de que la constitución permite establecer normativas que regulen los tipos de sistemas de seguridad que los vehículos deben poseer, tales reglamentos o políticas deben ser consecuentes con la capacidad adquisitiva de las personas que habitan en esta nación, ya que el precio de los vehículos con tecnologías avanzadas puede ser considerablemente mayor que el precio de vehículos de la misma marca y modelo, pero sin tales aditamentos.

2

Normativa de importación de vehículos en los Estados Unidos de América

En los Estados Unidos de América la Administración de la Seguridad del Tráfico en Carreteras Nacionales, o NHTSA por sus siglas en inglés, es la entidad gubernamental encargada de publicar y reforzar los FMVSS's (estándares de seguridad de los vehículos motorizados). Los FMVSS's cubren varios aspectos constructivos de las diferentes clases de vehículos motorizados terrestres, exceptuando trenes y algunas partes de los vehículos, con el objetivo de asegurar que los vehículos que se importan o que se construyen y venden dentro del país, cumplen con los requerimientos mínimos de seguridad considerados de mayor importancia en dicha nación. De esta manera, para que un vehículo pueda ser importado a U.S.A, él debe poseer calcomanías que certifiquen que cumple con lo requerido por los FMVSS's (NHTSA, n.d., p.1). No obstante, a pesar



de que un vehículo posea la calcomanía que certifique que cumple con los FMVSS's para un año específico, puede que no sea apto para ser importado permanentemente a los Estados Unidos de América, ya que los FMVSS's se actualizan todos los años, por que la NHTSA realiza una comparación entre las características de los vehículos que sí cumplen con los estándares actuales con el objetivo de determinar si ciertamente algunos vehículos pueden ser importados o no, y para determinar si se les puede realizar modificaciones para lograr que cumplan con los estándares (NHTSA, 2010, p.1). De esa forma la NHTSA emite una lista de los vehículos que no cumplen con los FMVSS's, por lo que no son elegibles para ser importados.

Si un vehículo no fue construido siguiendo los estándares federales, algunas compañías representantes de la NHTSA pueden realizar pruebas para determinar si tal vehículo es elegible para ser importado a los Estados Unidos, para lo cual el propietario debe hacer la solicitud de la revisión o la revisión puede realizarse por iniciativa propia de la NHTSA (NHTSA, n.d., p.1).

No obstante, algunos vehículos que no fueron construidos bajo esos estándares federales pueden ser importados, ya que según The National Business and Trade Help Center (2010), si ellos fueron construidos antes de la entrada en vigencia de los FMVSS's, puede exgírseles el cumplimiento de los requerimientos de tales estándares.

Algunas de las pruebas que los representantes de la NHTSA realizan son cualitativas, ya que simplemente se basan en la inspección visual. Sin embargo, otras pruebas requieren tomar medidas adicionales a la inspección visual tales como realizar simulaciones climáticas, someter los vehículos a colisiones, etc. Dichas pruebas pueden tener un costo muy elevado, como se puede apreciar en el Anexo A, que muestra una tabla de los precios que Automotive Technology Group (ATG) cobra para realizar ciertos ensayos.

A continuación se presenta una breve descripción de algunos FMVSS's, en la que se indica en qué consisten las pruebas que se llevan a cabo para determinar el cumplimiento con dichos estándares.

2.1 Estándares Federales de Seguridad de los vehículos motorizados

FMVSS 103 (Sistema de descongelamiento y desempañado del parabrisas)

Para que un vehículo cumpla con los FMVSS's debe tener un sistema de descongelamiento y desempañado del parabrisas. Además, para comprobar el correcto funcionamiento de dicho sistema, los vehículos se introducen dentro de una cámara que simula las condiciones climáticas, para realizar las pruebas de funcionamiento siguiendo el procedimiento indicado en la norma SAE J902.

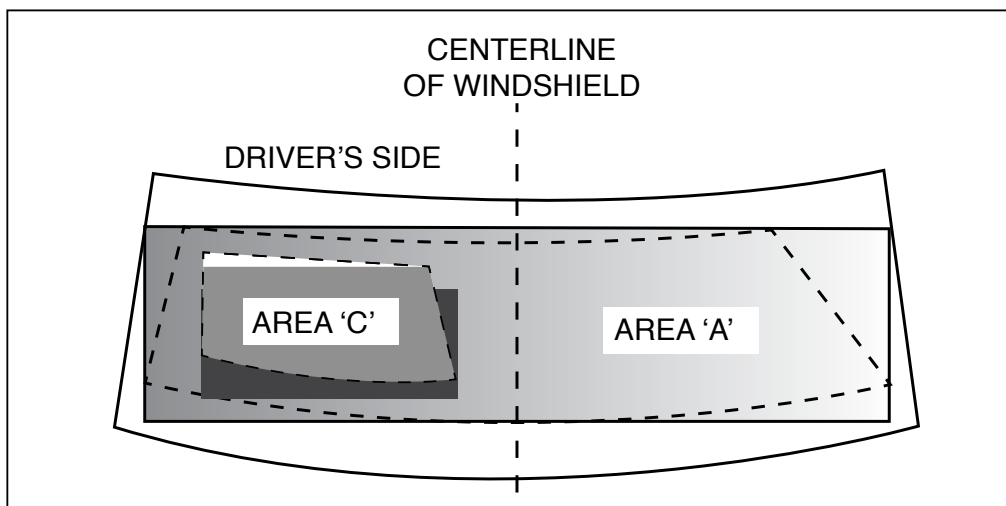
La cámara de pruebas debe ser capaz de mantener una temperatura fría. Para el descongelamiento del parabrisas se realiza un ensayo a temperaturas de entre -28°C y -10°C; mientras que para la prueba de desempañado se climatiza la cámara a una temperatura de -3 °C (SAE J902).

En la prueba de descongelamiento del parabrisas primero se enfría la cámara y una vez que su temperatura se ha estabilizado se introduce el vehículo y se le deja ahí durante al menos 10 h. Luego se rocía el parabrisas con agua a una razón de 0.044 g/cm² para formar una capa de hielo y posteriormente se evalúa la capacidad de descongelamiento del parabrisas (SAE J902).

En la prueba de desempañado también se enfría la cámara y luego se coloca el vehículo en su interior y se le deja bajo tales condiciones durante 10 h. Luego se enciende un generador de vapor, que debe producir vapor a un flujo de 70 g/h y se coloca el generador dentro del vehículo. Después de que el generador ha producido vapor durante 5 minutos, se procede a evaluar el proceso de desempañado del parabrisas (SAE J902).

Para determinar el adecuado funcionamiento del sistema se estudian 2 áreas del parabrisas, donde el área A se refiere al área total del parabrisas y la C es el área crítica de visibilidad del conductor, como se aprecia en la ilustración 2-1 (DOT, 1996a). De acuerdo con las indicaciones de la norma SAE J902, al cabo de 30 minutos de la prueba de descongelamiento, el porcentaje de descongelamiento debe ser de al menos 80% en el área A y del 100% en el área C; mientras que al cabo de 10 minutos de la prueba de desempeño, el porcentaje de desempañado en el área A debe ser del 80% mientras que en el área C debe ser del 90%.

Ilustración 2-1. Áreas A y C de un parabrisas



En esta figura se muestran diferentes áreas de un parabrisas, en donde A es el área total del parabrisas y C el área crítica del conductor. Estas áreas se utilizan para determinar la eficacia de los sistemas de descongelamiento y desempañado de los parabrisas. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 103: Windshield defrosting and defogging systems, por DOT, 1996a.

FMVSS 104 (Sistema de barrido y sistema de lavado del parabrisas)

Todos los vehículos deben tener un sistema de barrido y uno de lavado del parabrisas, los cuales deben satisfacer ciertos requerimientos de desempeño que consisten principalmente en determinar la frecuencia de barrido, el porcentaje de área limpiada y la capacidad de limpieza.

Primero se realiza una inspección visual en la cual se determina la accesibilidad de los controles de los sistemas de lavado y barrido, luego se verifica si el contenedor del líquido para limpiar el parabrisas está accesible y no requiere de herramientas para ser llenado (DOT, 1996b).

Después se instala un contador de ciclos de barrido de las escobillas y un tacómetro para estudiar la frecuencia de barrido (DOT, 1996b). Las escobillas deben moverse al menos a dos frecuencias distintas. A la frecuencia máxima, las escobillas deben oscilar al menos a 45 ciclos/minuto; mientras que a la frecuencia mínima ellas deben oscilar al menos a 20 ciclos/minuto, sin importar la velocidad del vehículo. Además, las frecuencias máxima y mínima deben diferir en al menos 15 ciclos/minuto.

Para corroborar el porcentaje de área limpiada, se coloca el vehículo dentro de una cámara de pruebas en la que se puede controlar que la temperatura ambiente esté entre 50°F y 100°F [10°C y 38°C] y la velocidad del aire sea menor a 1 milla/h [1.6 m/s]. Luego se rocía el parabrisas con agua y se encienden las escobillas. Posteriormente, utilizando un marcador graso, se delinean en la superficie interior del parabrisas las áreas de barrido de las escobillas. En estas pruebas se estudian las áreas A, B y C (ver Ilustración 2-1) del parabrisas que corresponden al área total, al área crítica de visibilidad del pasajero y al área crítica del conductor, respectivamente (DOT, 1996b). El sistema de lavado debe dejar limpio por lo menos el 80% del área A, el 94% del área B y el 99% del área C.

Por último se estudia la capacidad de limpieza del sistema. Para ello se mantiene la cámara a una temperatura de 75°F [24°C] y con un flujo de aire menor a 1 milla/h [1.6 m/s]. Luego se rocía el parabrisas con una mezcla de agua y polvo. Posteriormente se activa el sistema de lavado y barrido del parabrisas y después de 10 ciclos se desactivan las escobillas. Nuevamente se marcan en la parte interior del parabrisas las áreas A, B y C (DOT, 1996b). Al final de la prueba el sistema de limpieza del parabrisas, junto con el sistema de barrido, debe ser capaz de limpiar el 75% de las áreas A, B y C, según lo indicado en el estándar SAE J839B.

FMVSS 105 (Sistema de frenos hidráulicos y eléctricos)

El objetivo de este estándar es especificar los requerimientos de los sistemas de frenos hidráulicos y eléctricos, para asegurar que las maniobras de frenado normal y de emergencia se puedan dar de forma segura. Por lo tanto, para determinar si estos tipos de sistemas de frenos cumplen con lo requerido se llevan a cabo diversas pruebas de frenado en una superficie plana como se indica a continuación:

1. Se lleva a cabo la primera prueba de efectividad que consiste en realizar seis frenados desde una velocidad de 30 mph [48.3 km/h] y luego seis frenados desde una velocidad de 60 mph [96.6 km/h].
2. Luego se acondicionan los frenos realizando varias maniobras de frenado súbitas. En el caso de los vehículos de menos de 10,000 lb [4.54 ton] se realizan 200 maniobras de frenado desde una velocidad de 40 mph [64.4 km/h] a una razón de desaceleración de 12 ft/s² [3.66 m/s²] y en el caso de vehículos de mayor peso se realizan 500 frenados desde 40 mph [64.4 km/h] a una razón de desaceleración de 10 ft/s² [3.05 m/s²].
3. Posteriormente, en el caso de los vehículos de 10,000 lb [4.54 ton] o más, se realiza una prueba de estabilidad y control durante el frenado en la que los vehículos deben estar ligeramente cargados (segunda prueba de efectividad). Para ello se frenan los vehículos

en un tramo curvo con una superficie cuyo coeficiente de fricción es de 0.5, desde una velocidad de 30 mph [48.3 km/h]. La estabilidad de los vehículos se considera satisfactoria si en tres de cuatro frenados ninguna parte de ellos se sale de un carril de 12 ft [3.66 m] de ancho. Después se realiza otra prueba de efectividad de la misma manera que se indicó en la prueba 1.

4. Se vuelven a adecuar los frenos como lo indica la prueba 2, pero haciendo solo 35 frenados desde una velocidad de 60 mph [96.6 km/h], esto para los vehículos con una masa de 10,000 lb [4.54 ton] o más.
5. Luego se realiza una prueba para estudiar el desempeño de freno de parqueo. Para ello se llevan los vehículos completamente cargados a una pendiente de 30% (para vehículos de menos de 4.54 ton) o 20% (para los otros vehículos), y se aplica el freno de parqueo. Entonces el sistema será considerado satisfactorio si es capaz de mantener el vehículo estático durante 5 minutos.
6. Posteriormente, en el caso de los vehículos de más de 4.54 toneladas de PMV, se realiza otra prueba de efectividad similar a la mencionada en el punto 1, pero con el vehículo ligeramente cargado (tercera prueba de efectividad).
7. Después se realiza una prueba de frenado en la que se simula un fallo parcial del sistema de frenos. Esta prueba consiste en producir una ruptura o fuga, y luego se realizan varias pruebas de frenado desde una velocidad de 60 mph [96.6 km/h]. Luego se restaura el sistema y se vuelve a repetir la prueba para cada uno de los subsistemas del sistema de frenos. También se realiza el experimento desactivando el sistema de frenos ABS y en el caso de los vehículos que poseen frenos eléctricos, se produce alguna falla del circuito.
8. Luego se procede a realizar una prueba de frenado en la que se desactiva la unidad de potencia o la unidad de asistencia del sistema de frenos. Esta prueba simplemente consiste en realizar una prueba de frenado desde una velocidad de 60 mph [96.6 km/h] con tales unidades desactivadas.
9. Posteriormente se realiza una prueba de pérdida del desempeño a causa del calentamiento y recuperación de los frenos. Aquí se realizan cinco frenados desde una velocidad de 60 mph [96.6 km/h] a una razón de desaceleración 15 ft/s^2 [4.57 m/s^2] para el caso de los vehículos de menos de 10,000 lb [4.54 ton], y 10 frenados desde una velocidad de 40 mph [64.4 km/h] a una tasa de frenado de 10 ft/s^2 [3.05 m/s^2] para los otros vehículos, con la intención de reducir el desempeño de frenado a causa del calentamiento. Luego, para que el sistema de frenos se recupere, se sigue un procedimiento similar pero poniendo la marcha en posición neutral, se aplican los frenos a una tasa de desaceleración de 10 ft/s^2 [3.05 m/s^2] y desde una velocidad de 30 mph [48.3 km/h], si el vehículo es de menos de 10,000 lb (4.54 ton), o 40 mph [64.4 km/h] para los otros vehículos.

10. Se vuelve a realizar la prueba mostrada en el punto 4.
11. Se vuelve a realizar la prueba indicada en el punto 9.
12. Una vez más, se repite la prueba indicada en el punto 4.
13. Posteriormente, se realiza la prueba de estabilidad indicada en el punto 3, pero esta vez se realiza en los vehículos de pasajeros y se comienza el frenado desde una velocidad de 95 mph [152.9 km/h] o 100 mph [161 km/h].
14. Después se realiza una prueba de frenado en una carretera mojada, para lo cual se conducen los vehículos a una velocidad de 5 mph [8.05 km/h] en un tramo de pista inundado a un nivel de agua de 6 in [15.24 cm]. Luego se acelera hasta alcanzar las 30 mph [48.3 km/h] y se aplican los frenos a una razón de 10 ft/s² [3.05 m/s²], siguiendo el mismo procedimiento varias veces.
15. La última prueba consiste en realizar diez frenados abruptos desde una velocidad de 30 mph [48.3 km/h], con la marcha puesta en la posición neutral y aplicando una fuerza sobre el control del freno de 200 lb [90.7 kg]. Posteriormente se realizan seis frenados desde una velocidad de 60 mph [96.6 km/h].

Los requerimientos de frenado se describen en términos de la distancia de frenado que se obtiene al frenar un vehículo desde una velocidad establecida y en una superficie de ruedo con determinado coeficiente de fricción. Entonces, cabe destacar que las pruebas antes mencionadas se realizan a diferentes velocidades pero, a menos que se especifique lo contrario, en su mayoría se realizan en una pista nivelada con un ancho de 12 ft [3.66 m] y cuyo coeficiente de fricción es de 0.9. En esta regulación las distancias de frenado que se establecen dependen del tipo de prueba y del tipo de vehículo que se somete a prueba. En la Tabla 2-1 se muestra un ejemplo de los requerimientos de frenado para diversos tipos de vehículos, para una velocidad inicial de 60 mph [96.6 km/h], no obstante en el estándar se especifican las distancias requeridas desde otras velocidades.

Tabla 2-1. Requerimientos de frenado en pies a una velocidad de prueba 60 mph [96.6 km/h]

Prueba	Tipo de vehículo				
	a	b	c	d	e
Pruebas 2 y 12	216	242	267	388	NA
Prueba 3	204	216	216	310	280
Prueba 6	194	216	242	335	280
Pruebas 7 y 8	455	517	517	613	613

a = Vehículos de pasajeros

b = Vehículos que no son de pasajeros con un PMV menor que 8,000 lbs (3.63 ton)

c = Vehículos de 8,000 lbs (3.63 ton) o más, pero menos de 10,000 lbs (4.54 ton)

d = Vehículos, que no son buses, de 10,000 lbs (4.54 ton) o más

e = Buses con un peso de 10,000 lbs (4.54 ton) o más

Más aún, en los requerimientos de las pruebas de frenado con la unidad de potencia o la unidad de asistencia desactivadas, también se especifican las desaceleraciones mínimas que deben desarrollarse, las cuales dependen de la cantidad de veces que se ha detenido el vehículo (paradas). En la Tabla 2-2 se indican unos ejemplos de los requerimientos para tales pruebas, sin embargo en el estándar se especifican los requerimientos para un mayor número de paradas.

Tabla 2-2. Requerimientos para las pruebas con la unidad de asistencia o la unidad de potencia desactivada

Parada N°	Desaceleración promedio ft/s ²				Distancia de frenado equivalente (ft)			
	Unidad de asistencia		Unidad de potencia		Unidad de asistencia		Unidad de potencia	
	a	b y c	a	b y c	a	b y c	a	b y c
1	16	14	16	13	242	277	242	298
2	12	12	13	11	323	323	298	352
3	10	10	12	10	388	388	323	388

a = Vehículos de pasajeros

b = Vehículos que no son de pasajeros con un PMV menor que 8,000 lbs (3.63 ton)

c = Vehículos de 8,000 lbs (3.63 ton) o más, pero menos de 10,000 lbs (4.54 ton)

d = Vehículos de 10,000 lbs (4.54 ton) o más

Los sistemas de frenos de los vehículos no solo deben satisfacer los requerimientos de las distancias de frenado, sino que al finalizar todas las pruebas el sistema debe mantenerse en buenas condiciones. Por lo tanto, después de hacerse la última prueba se lleva a cabo una inspección para verificar que no haya desprendimiento ni fractura de ninguna parte y que no haya líquido de freno ni lubricante en las superficies de fricción de los frenos, ni fugas del cilindro principal, entre otros defectos.

Por último, en este estándar también se especifican otros requerimientos de los sistemas de frenos de los vehículos que utilizan sistemas de frenos hidráulicos o eléctricos, como se muestra a continuación:

- Los vehículos deben contar con una luz que indica si hay alguna falla en el sistema de frenos.
- El pistón maestro debe tener un reservorio para cada subsistema de los frenos de servicio, este es activado por dicho pistón.
- Todos los vehículos con un PMV de 10,000 lbs (4.54 ton) o más deben contar con frenos ABS.

FMVSS 106 (Mangueras de freno)

Este estándar especifica los requerimientos mínimos para el correcto etiquetado y desempeño de las mangueras de freno, ensambles de mangueras y los respectivos accesorios, cuyo propósito es prevenir fallos del sistema de frenos que pueden resultar en accidentes fatales (DOT, 2008a). El estándar especifica las pruebas para mangueras hidráulicas, mangueras de aire y mangueras que trabajan al vacío.

Requerimientos para mangueras hidráulicas

Constricción:

El diámetro interno no debe ser 64% menor al diámetro interno nominal, lo cual se comprueba al hacer pasar un balón o una varilla con un extremo esférico de un diámetro específico dentro de la manguera, para determinar que el diámetro interno no sea menor a lo requerido.

Expansión:

En esta prueba se conecta la manguera a una bureta y se regula el paso del fluido hacia la bureta por medio de una válvula. Primero se cierra la válvula y se aplican las presiones de 1,000 psig o 2,900 psig, según sea el caso, manteniendo la presión durante tres segundos. Luego se abre la válvula durante 10 segundos para permitir que el fluido se traslade hasta la bureta. Se repite el proceso anterior dos veces más y se mide el volumen de líquido que se logró acumular, lo que permite estimar la expansión volumétrica por unidad de longitud promedio, la cual no debe sobrepasar los valores máximos indicados en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Valores máximos de expansión máxima volumétrica por unidad de longitud de las mangueras hidráulicas

Diámetro interno de la manguera de freno hidráulica	Presión					
	1000 psig		1500 psig		2900 psig	
	Manguera de expansión regular	Manguera de baja expansión	Manguera de expansión regular	Manguera de baja expansión	Manguera de expansión regular	Manguera de baja expansión
Diámetro $\leq$ a 1/8 in (3 mm)	0.66	0.33	0.79	0.42	1.21	0.61
1/8 in (3 mm) < Diámetro < 3/16 in (5 mm)	0.86	0.55	1.02	0.72	1.67	0.91
Diámetro > 3/16 in (5 mm)	10.4	0.82	1.3	1.17	No aplica	No aplica

En esta tabla se muestra la expansión máxima volumétrica permisible de las mangueras para frenos, medida en centímetro cúbicos por ft (cc/ft). Modificado de Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses, por DOT, 2008a.

Resistencia a la ruptura debido a la presión:

Para probar la resistencia que poseen las mangueras a presiones elevadas, se someten éstas a una prueba de presión hidrostática en la que se aumenta la presión a una tasa de 15,000 psi/minuto. Primero se aplica una presión de 4,000 psig durante al menos dos minutos, presión que las mangueras deben ser capaces de soportar, y luego se aumenta la presión paulatinamente. Si la manguera es de 3 mm (1/8 in) de diámetro interno o más, debe soportar más de 5,000 psig de presión antes de romperse. Si la manguera posee un diámetro interno menor a los 3 mm, debe soportar una presión mayor a 7,000 psig antes de estallar.

Prueba de resistencia a fallar por moverse de forma ondulatoria debido a pulsaciones inducidas por el flujo o por el movimiento del vehículo:

La prueba consiste en montar las mangueras en una máquina que gira entre los 780 y 800 rpm. Las mangueras deben soportar la prueba durante 35 horas, a presiones entre los 220 a 235 psig sin romperse.

Resistencia a la tensión:

Consiste en someter las mangueras a fuerzas de tensión. La carga se aplica a dos velocidades diferentes, por lo que las mangueras deben soportar como mínimo una fuerza de 325 lbf para una aplicación lenta de la carga y 370 lbf para una aplicación rápida, sin separarse de los acoples.

Resistencia a baja temperatura:

Se enfrían las mangueras a temperaturas comprendidas en el rango -45°C hasta -48.8°C en posición recta. Al cabo de 70 horas se doblan alrededor de un cilindro y luego se revisan para determinar si produjeron grietas.

Prueba de resistencia a la corrosión en los acoples:

El ensamble de la manguera es atomizado con una solución de sal durante 24 horas a una temperatura de 35°C. Al terminar la prueba no deben existir rastros de corrosión.

Prueba de resistencia al ozono:

Se somete la manguera a una atmósfera controlada que posee cierto porcentaje de ozono en el aire y a una temperatura de 40°C. Al cabo de 24 horas se le revisa para determinar si se produjeron agrietamientos.

Prueba de absorción de agua:

Se mide la longitud de las mangueras y luego se sumergen en agua destilada a 85°C durante 70 horas. Posteriormente las mangueras se someten a la prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión, a la prueba de ruptura debida al movimiento ondulatorio causado por el flujo de frenos o el movimiento del vehículo y a la prueba de resistencia a la tensión. Al finalizar cada prueba, las mangueras deben ser capaces de cumplir con los mismos requerimientos de cada una de las pruebas.

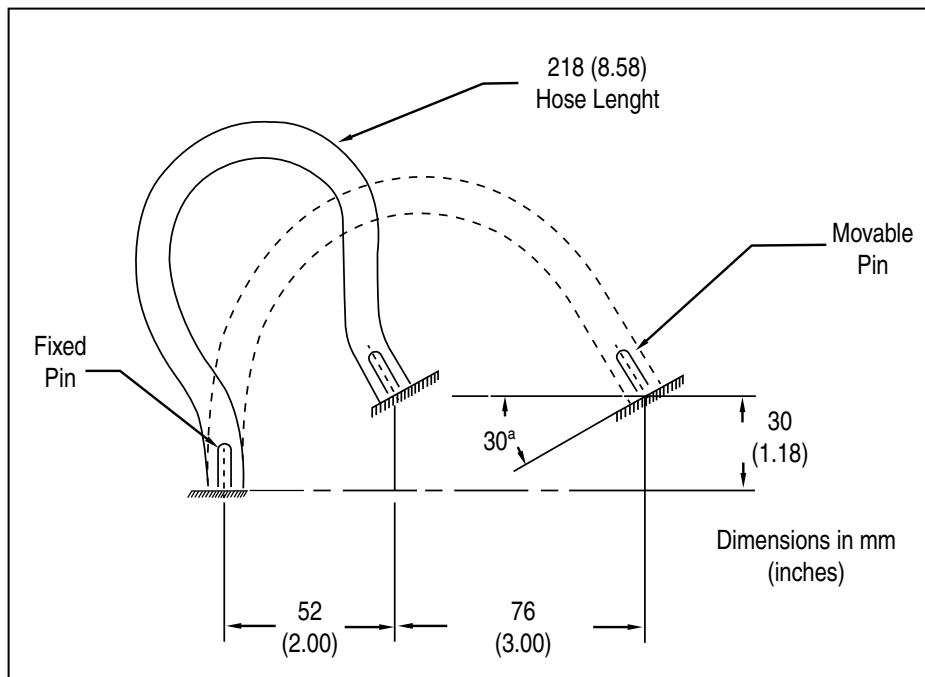
Prueba de compatibilidad con el fluido de freno:

En esta prueba se llena la manguera con el fluido de frenado y se calienta en un horno durante 70 horas a una temperatura de 120°C. Luego se enfría y se somete a la prueba de constricción y a la prueba de resistencia a la falla debida a la presión. Las mangueras no deben romperse a presiones menores a 5,000 psig.

Prueba de impulso a alta temperatura:

Se someten las mangueras a ciclos de carga y descarga a presiones que llegan hasta los 1,600 psig a una temperatura de 146.1°C. Luego se les somete a la prueba de resistencia a la falla por presión. Las mangueras no deben romperse a menos de 5,000 psig.

Ilustración 2-2. Prueba dinámica de ozono



En esta figura se muestra con líneas punteadas el movimiento que tendría una manguera que está sometida a una prueba dinámica dentro de una atmósfera de aire y ozono. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses, por DOT, 2008a.

Prueba dinámica de ozono:

Se colocan las mangueras de forma curva y se someten a una atmósfera de aire y ozono controlada a 40°C. Luego se abre y cierra la curvatura de la manguera cíclicamente (ver Ilustración 2-2) y al cabo de 48 horas se detiene la prueba. Al final se revisa la manguera en busca de grietas.

Requerimientos para mangueras de aire

Algunas de las pruebas que se realizan en las mangueras de aire son similares a las que se realizan en las mangueras hidráulicas.

Constricción:

El diámetro interno no debe ser 66% menor al diámetro interno nominal.

Resistencia a la alta temperatura:

Se calientan las mangueras dentro de un horno durante 70 horas a una temperatura de

100 °C, con un cilindro dentro de ellas para evitar que se deformen. Luego se dejan enfriar las mangueras y se inspeccionan para ver si se aprecian grietas externas, quemaduras o desintegración.

Resistencia a baja temperatura:

Esta prueba se realiza de forma similar a la prueba a bajas temperaturas realizada en las mangueras hidráulicas, con la diferencia de que la temperatura de prueba es de -40°C. Al final no deben presentarse grietas.

Resistencia al aceite:

Se toma una muestra del material del cual se hicieron las mangueras y se sumergen en aceite durante 72 horas a 100 °C. Luego se dejan enfriar a temperatura ambiente, se lavan con acetona y posteriormente se obtiene la diferencia porcentual del volumen de la muestra. El volumen de la manguera no debe incrementarse en más del 100%.

Prueba de resistencia al ozono:

Se realiza de igual manera que la prueba de resistencia al ozono aplicada a las mangueras hidráulicas. La manguera no debe presentar agrietamientos.

Prueba de cambio de longitud:

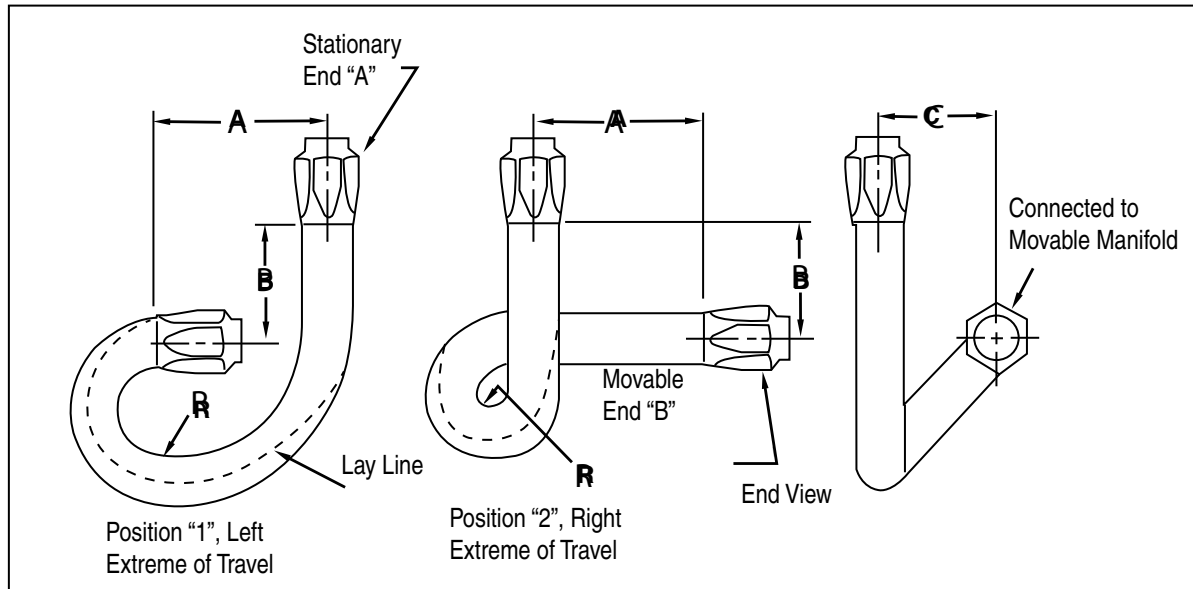
Se mide la diferencia de longitudes que sufre un espécimen al aumentar la presión de 10 psig a 200 psig aproximadamente. La manguera no debe contraerse más de un 7% ni elongarse más de un 5%.

Prueba de adhesión:

Se utiliza una máquina que mide la tensión necesaria para separar unas capas del material del cual está hecha la manguera. El resultado de la prueba es la fuerza mínima que se registra en un gráfico de fuerza por distancia, pero excluyendo la distancia correspondiente al 20% del desplazamiento inicial y final sobre el eje de aplicación de la carga. Las mangueras deben soportar una cara de 8 lb/in antes de que ocurra la separación de las capas.

Prueba de resistencia a la flexión y a la presión de aire:

En esta prueba la manguera se somete a ciclos de presurización que van desde los 0 psig a los 140 psig, mientras es sometida a flexión, en la cual el punto B de la Ilustración 2-3 se mueve una distancia de 6 pulgadas a una velocidad de 100 ciclos/minuto. Al cabo de completar 1 millón de ciclos, se le hace un agujero a la manguera y se le coloca un manómetro para determinar si mantiene la presión a 140 psig.

Ilustración 2-3. Prueba de resistencia a la flexión y a la presión de aire

En esta figura se indica el movimiento que se le aplica a las mangueras cuando se les somete a la prueba de flexión, mientras la presión del aire se varía cíclicamente desde los 0 psig hasta los 150 psig. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses, por DOT, 2008a.

Resistencia a la corrosión y a la falla por presión:

Se realiza la prueba de corrosión en los acoples que se indicó anteriormente para las mangueras hidráulicas. Luego se llena el ensamble con agua permitiendo que salga todo el aire y después se aplica presión de agua a 900 psig. El ensamble no debe romperse ante tal presión.

Resistencia a la tensión:

Algunas mangueras son sometidas a esta prueba. Consiste en aplicar fuerzas de tensión para determinar el comportamiento ante ciertas condiciones de carga. En la Tabla 2-4 se muestran los diámetros requeridos de las fuerzas de ruptura (DOT, 2008a).

Tabla 2-4. Prueba de tensión en mangueras de aire

Lugar de la falla	Fuerza de tensión permisible			
	Diámetro interno ≤ 1/4"	Diámetro interno > 1/4"	1/4 " < Diámetro interno ≤ 1/2"	Diámetro interno > 1/2"
Entre la estructura y el eje	250 lbf	325 lbf	-	-
En otro lugar	50 lbf	-	150 lbf	-

Modificado de Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses, por DOT-NHTSA, 2008a, p.49.

Prueba de absorción de agua:

Se sumergen las mangueras en agua destilada a temperatura ambiente durante 70 horas, luego se aplica la prueba de tensión. Las mangueras deben ser capaces de soportar las mismas tensiones indicadas en la Tabla 2-4.

Prueba de resistencia al cloruro de zinc:

se sumerge la manguera en una solución acuosa de 50% de cloruro de zinc durante 200 horas, luego se extrae para revisar que no hayan grietas.

Prueba de resistencia a la corrosión de los acoples:

esta prueba se realiza de forma similar a la atomización aplicada en la prueba de corrosión de las mangueras hidráulicas. Después del periodo de exposición no debe presentarse corrosión.

Prueba de adhesión para las mangueras reforzadas con un cable:

Se coloca una bola de acero cuyo diámetro es 73% del diámetro interno de las mangueras. Se somete la manguera a presión de vacío de -25 pulgadas de Hg, se dobla la manguera 180° en ambas direcciones y luego se estira nuevamente. Después se trata de rodar la bola de un lado a otro de la manguera.

Mangueras de vacío

Constricción:

Se realiza de forma similar a las pruebas mencionadas anteriormente, pero el extremo de la varilla o la bola que se utilizan en la prueba debe tener un diámetro de 75% el diámetro interno de la manguera si es para carga pesada o 70% si es para carga liviana.

Prueba de resistencia a altas temperaturas:

Se someten las mangueras a un vacío de 26 pulgadas de Hg y a una temperatura de 125°C durante 96 horas. Luego se enfrían y se doblan para determinar si se hicieron grietas, presentan quemaduras o desintegración. Posteriormente se llenan con agua a una presión de 175 psig para ver si no ocurrieron fugas. Además, después de la prueba las mangueras no deben mostrar grietas ni signos de desintegración.

Prueba de resistencia a bajas temperaturas:

Es similar a la prueba de baja temperatura a la que se someten las mangueras de aire pero al final se realiza una prueba de presión hidrostática, en la cual se someten las mangueras a 175 psig para determinar si se presentan fugas. Además, después de la prueba las mangueras no deben mostrar grietas.

Prueba de resistencia al ozono:

Esta prueba se realiza de la misma manera en que se prueban las mangueras hidráulicas. Al terminar no se deben presentar grietas.

Prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión:

Este ensayo se hace de la misma manera en que se hace en las mangueras hidráulicas con la diferencia de que la presión máxima permisible debe ser 350 psig.

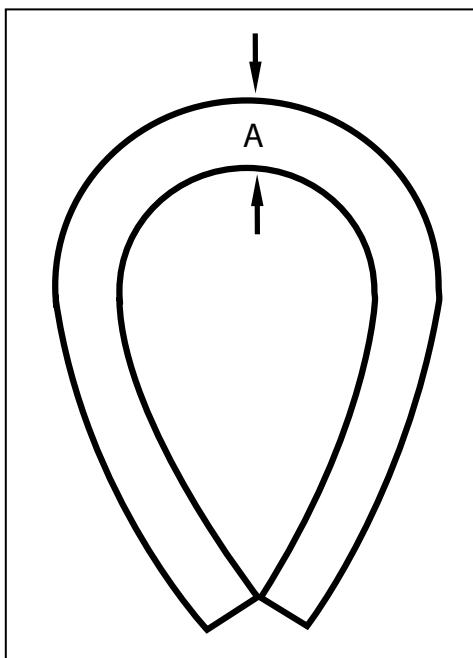
Prueba de resistencia al vacío:

La prueba consiste en medir el diámetro externo cuando a la manguera se le ha aplicado un vacío de 12 pulgadas de Hg. Luego se le somete a un vacío de 25 pulgadas de Hg y después se mide durante 5 minutos la aplicación. El colapso de la manguera no debe exceder 1/16 in.

Prueba de dobladura:

En esta prueba se doblan las mangueras en la dirección de su curvatura normal hasta que los extremos se toquen, como se muestra en la Ilustración 2-4, y luego, en el punto A se mide la diferencia de diámetros externos antes y después de doblarlas. El colapso de los diámetros externos no debe exceder unos valores máximos, como los que se muestran en la Tabla 2-5.

Ilustración 2-4. Prueba de dobladura



Esta figura muestra cómo en una prueba de dobladura se pliegan las mangueras para poder medir la diferencia de diámetros en el punto A. Obtenida del FMVSS 106, 2011.

Tabla 2-5. Valores máximos de colapso para mangueras al vacío

Diámetro interno (in)	Longitud (in)	Colapso del diámetro interno (in)
7/32	7	11/64
1/4	8	3/32
9/32	9	12/64

En esta tabla se muestran unos ejemplos de los valores máximos de colapso de algunas mangueras de vacío. Modificado de *Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses*, por DOT, 2008a.

Prueba de adhesión e hinchamiento:

En este ensayo se llenan las mangueras con un combustible específico durante 48 horas y luego se vacían y se realiza la prueba de constricción. Al finalizar la prueba el diámetro interno de la manguera no debe ser menor al 75% del diámetro nominal o menor al 70% en el caso de las mangueras de trabajo ligero.

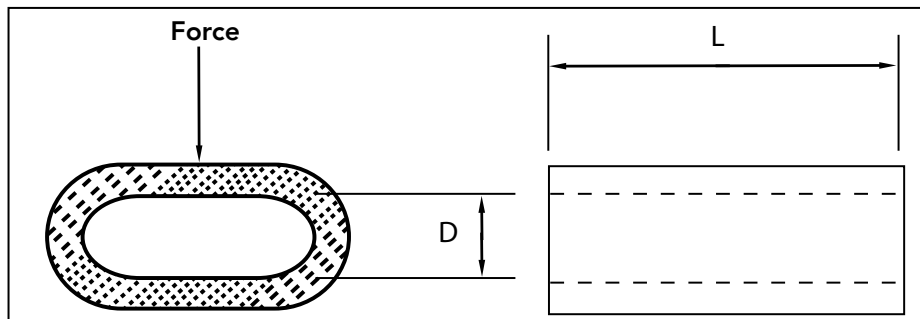
Posteriormente se conectan las mangueras a una fuente de vacío a 25 pulgadas de Hg, durante 10 minutos. La manguera no debe presentar fugas.

Además, si el material está hecho de varias capas, se realiza una prueba de adhesión de forma similar a la realizada en las mangueras de aire. La manguera debe ser capaz de soportar una fuerza de 6 lb/in antes de que ocurra la separación de las capas adyacentes.

Prueba de deformación:

Se deforma la manguera de forma cíclica, como lo muestra la Ilustración 2-5. Al cabo de un minuto se dejar de deformar la manguera, la manguera debe recuperar por lo menos el 90% del diámetro externo.

Ilustración 2-5. Prueba de deformación



En esta figura se indica cómo se realiza una prueba de deformación aplicada a algunas mangueras de vacío. Obtenida de *Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses*, por DOT, 2008a.

Prueba de resistencia a la corrosión de los acoples:

Esta prueba se realiza de forma similar a la prueba de resistencia a la corrosión realizada a los acoples de las mangueras hidráulicas. Al terminar no se debe presentar corrosión en los acoples.

Tubos de plástico flexible

Constricción:

Simplemente se coloca el tubo verticalmente y se deja caer en su interior una bola o una sonda de un diámetro de al menos el 66% del diámetro nominal del tubo, para determinar si lo atraviesa sin problema.

Prueba de estabilidad dimensional y condición a alta temperatura:

Se calienta el tubo en un horno a 110°C durante 4 horas. Cuando se enfría se revisa si mantuvo sus dimensiones.

Prueba de estabilidad dimensional y acondicionamiento en agua hirviendo:

Se calienta el tubo en agua hirviendo por 2 horas. Cuando se enfría se revisa si mantuvo sus dimensiones.

Prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión:

Los tubos no deben fallar cuando son sometidos a presiones que varían entre los 800 psig hasta los 1,400 psig, lo cual depende del diámetro del tubo.

Prueba de absorción de humedad y resistencia a la falla debida a la presión:

Se colocan los tubos secos en una cámara cuyo ambiente está controlado, con una humedad relativa de 100% y a una temperatura de 24°C durante 5 minutos. Luego se determina la diferencia de peso porcentual causada por la absorción de humedad y se realiza la prueba de resistencia a la falla debida a la presión, pero en este caso el tubo debe soportar como mínimo el 80% de la presión utilizada en la prueba anterior.

Prueba de resistencia a la luz ultravioleta:

Se someten los tubos a radiación ultravioleta durante 300 horas y luego se realiza la prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión, en la cual los tubos deben soportar como mínimo el 80% de la presión que se aplica en la prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión.

Prueba de flexibilidad a baja temperatura:

Se dobla el tubo 180° alrededor de un cilindro cuyo diámetro es 6 veces mayor al diámetro nominal del tubo. El ensayo se realiza a una temperatura de 40°C durante 4 horas. Al final, la superficie del tubo no debe mostrar grietas.

Prueba de flexibilidad a alta temperatura:

Se doblan los tubos 180° a una temperatura de 110°C. Luego se enfrían a temperatura ambiente. Posteriormente se vuelven a doblar en dirección contraria y a una temperatura de 110°C y después se les somete a la prueba de resistencia a la falla debida a la presión. Al finalizar la prueba los tubos no deben mostrar agrietamientos, ni fallar al aplicarse el 80% de la presión utilizada en la prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión.

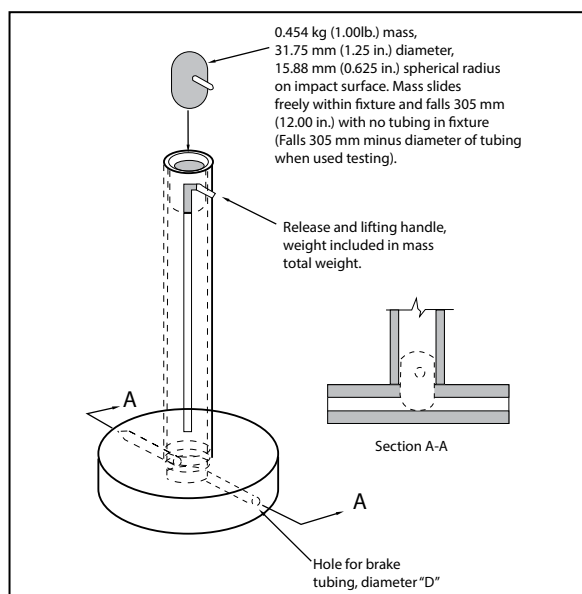
Resistencia a altas temperaturas:

Se calientan los tubos a 110°C. Posteriormente se les deja enfriar a temperatura ambiente y se someten a la prueba de resistencia a la falla debida a la presión utilizando el 80% de la presión requerida máxima permisible, para determinar si los tubos son capaces de soportarla.

Prueba de condicionamiento a alta temperatura y resistencia al impacto a baja temperatura:

Se calientan los tubos a 110°C y luego se enfrían a -40°C. Manteniendo esa temperatura se golpean los tubos, como lo muestra la Ilustración 2-6. Luego se calientan a temperatura ambiente y se someten a la prueba de resistencia a la presión, en la cual los tubos deben soportar al menos el 80% de la presión máxima permisible.

Ilustración 2-6. Prueba de impacto en tubos de frenos



En las pruebas de impacto de los tubos de plástico flexibles se deja caer un peso sobre cierto tramo de un tubo, como lo muestra la figura. Obtenida de *Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses*, por DOT, 2008a.

Acondicionamiento en agua caliente y prueba de impacto a baja temperatura:

Es una prueba similar a la mencionada anteriormente, con la diferencia de que primero se calientan los tubos en agua hirviendo. Luego se enfrían a temperatura ambiente y se someten a la prueba de resistencia a la presión, en la cual los tubos deben soportar al menos el 80% de la presión máxima permisible.

Prueba de resistencia al cloruro de zinc:

Se doblan los tubos a 180° y se sumergen en una solución de cloruro de zinc durante 200 horas. Luego se revisa que no presenten agrietamientos.

Prueba de resistencia al alcohol metilo:

Se doblan los tubos a 180° y se sumergen en una solución de alcohol metilo durante 200 horas. Al terminar no se deben presentar grietas.

Prueba de condicionamiento a alta temperatura y de resistencia al colapso:

Se doblan los tubos de la forma mostrada en la Ilustración 2-4 y se calientan a 110°C. Luego se les deja enfriar a temperatura ambiente y se calcula el porcentaje de colapso, el cual no debe ser superior al 20% del diámetro externo original.

Prueba de resistencia al ozono:

Primero se doblan los tubos 360°. Luego se someten a una mezcla de aire y ozono a una temperatura de 40°C durante 70 horas. Al finalizar los tubos no deben mostrar agrietamientos.

Prueba de resistencia al aceite:

Los tubos deben ser capaces de soportar el 80% de la presión máxima permisible luego de haber sido sumergidos en aceite a 93°C y dejados enfriar a temperatura ambiente.

Prueba de resistencia a la tensión:

Los tubos deben ser sometidos a pruebas de tensión en las que deben soportar una carga mínima de 325 lbf a una velocidad de elongación de 1 pulg/min, y 370 lbf a una velocidad de elongación de 2 pulg/min.

Acondicionamiento en agua hirviendo y prueba de resistencia a la tensión:

Se calientan los tubos en agua hirviendo durante 5 minutos. Luego se les somete a la prueba de tensión, a una velocidad de 1 pulg/min. Los tubos deben ser capaces de alcanzar una longitud de 9 pulgadas o soportar una carga que dependiendo del diámetro del tubo, puede variar entre 156 N hasta los 1,557 N.

Acondicionamiento térmico y prueba de tensión:

Se enfrían los tubos a -40°C durante 30 minutos y luego se calientan en agua hirviendo durante 15 minutos, posteriormente se dejan enfriar a la temperatura ambiente. Al final se someten a la prueba de tensión a una velocidad de 1 pulg/min y los tubos deben ser capaces de alcanzar una longitud de 9 pulgadas o soportar una carga que, dependiendo del diámetro del tubo, puede variar entre 156 N hasta los 1,557 N.

Prueba de resistencia a las vibraciones:

Se coloca el espécimen en una máquina que induce vibraciones mientras se conduce aire a 120 psig. Si durante la prueba se mide que existe una fuga mayor o igual a $50\text{ cm}^3/\text{min}$ de aire, el espécimen falla la prueba. Luego se detiene la máquina de vibraciones y se baja la temperatura a 24°C aproximadamente. Se aplica aire a 120 psig y si el tubo presenta una fuga mayor o igual a $25\text{ cm}^3/\text{min}$, también falla la prueba.

Prueba de retención de los elementos de sujeción:

Los elementos de sujeción de los tubos deben ser capaces de soportar la presión máxima permisible de la manguera cuando se realiza una prueba hidrostática.

Acondicionamiento térmico y prueba de retención de los elementos de sujeción:

En esta prueba primero se calienta el tubo a 93°C . Luego se aplica aceite a presión al ensamble de los tubos, con el fin de comprobar si los elementos de sujeción son capaces de soportar 450 psig a la temperatura de 93°C . Posteriormente se reduce la presión a la presión atmosférica y a una temperatura de 24°C . Después se condiciona el tubo con aire a una temperatura de -40°C . Por último, se aumenta la presión a 450 psig a una temperatura de -40°C . Durante ese proceso de cambios de temperatura y presión los acoples no deben romperse.

Desempeño de las uniones de los tubos:

Si un tubo tiene uniones roscadas entonces se debe probar si sus acoples presentan un buen desempeño. Para ello se enroscan y desenroscan los acoples varias veces. Después de hacer varias repeticiones, los acoples no se deben romper ni se deben presentar fugas de aire que posean un flujo superior a $25\text{ cm}^3/\text{min}$.

Prueba de corrosión de las uniones:

El ensamble de la manguera es atomizado con una solución de sal durante 24 horas a una temperatura de 35°C . Al terminar la prueba no deben existir rastros de corrosión.

FMVSS 108 (luces, elementos reflectantes y equipos similares)

El objetivo de este estándar es reducir los accidentes de tránsito al mejorar la iluminación de los vehículos, haciéndolos más fáciles de observar, utilizando para ello señales que se distingan y entiendan más fácilmente. El estándar indica los requerimientos mínimos de iluminación que deben presentar los vehículos, así como las pruebas que se debe realizar a los sistemas de iluminación para determinar si cumplen con los requisitos de seguridad.

Con el fin de verificar que el sistema integral del haz de luz y el sistema de luces de bulbo reemplazable tengan un adecuado desempeño, se llevan a cabo 12 diferentes tipos de pruebas, que buscan determinar el nivel de iluminación y la resistencia a agentes ambientales, entre otros objetivos. Las pruebas que se realizan son: pruebas de fotometría, de desempeño de los materiales ópticos hechos de plástico, de color, de abrasión, de resistencia química, de resistencia al polvo, de resistencia a la temperatura y al calor interno, de humedad, de vibración, de sellado y resistencia química y de resistencia a la corrosión de los reflectores y los lentes reemplazables.

Prueba de fotometría:

Esta prueba se realiza siguiendo la práctica J1383 APR85 la SAE, con la cual se determinan los valores permitidos de intensidad luminosa, medidos en candelas. Para ello se coloca un fotómetro a una distancia de 10 m de la lámpara para determinar el gradiente de corte del haz de luz y luego se coloca el fotómetro a 18.3 m de distancia para determinar las mediciones del flujo luminoso en diversas posiciones de una pantalla de proyección.

Prueba del desempeño de los materiales ópticos hechos de plástico:

Los materiales plásticos utilizados para construir componentes ópticos tales como los reflectores y lentes son sometidos a una prueba de desempeño. En esta prueba se someten algunas muestras de los materiales a exposición al ambiente natural de Florida y Arizona, en los Estados Unidos de América, durante un periodo de tres años. Al cabo de los tres años, se lleva a cabo una prueba de opacidad y de la capacidad de transmitir luz de los materiales plásticos, según el procedimiento de la prueba ASTM 1003-92, de forma que si el material es usado para hacer lentes exteriores, la opacidad y pérdida del lustre de la superficie no debe superar el 30%, y si el material es hecho para construir reflectores, la opacidad y pérdida del lustre no debe ser superior al 7%. Además, al finalizar la prueba de exposición, los materiales no deben presentar deterioro, cambios físicos que afecten el desempeño, la capacidad de transmitir la luz no debe cambiar en más de un 25% y debe aprobar la prueba de color.

Prueba de color:

La prueba de color se puede realizar por el método visual o por el método de Tristimulus. El método visual consiste en comparar el color de la luz de una fuente con el color de la luz de una fuente estandarizada. El método de Tristimulus consiste en medir el color de la luz por medio de receptores fotoeléctricos, los cuales determinan los valores espectrales estándar de Tristimulus, para luego compararlos con los valores que se prueban.

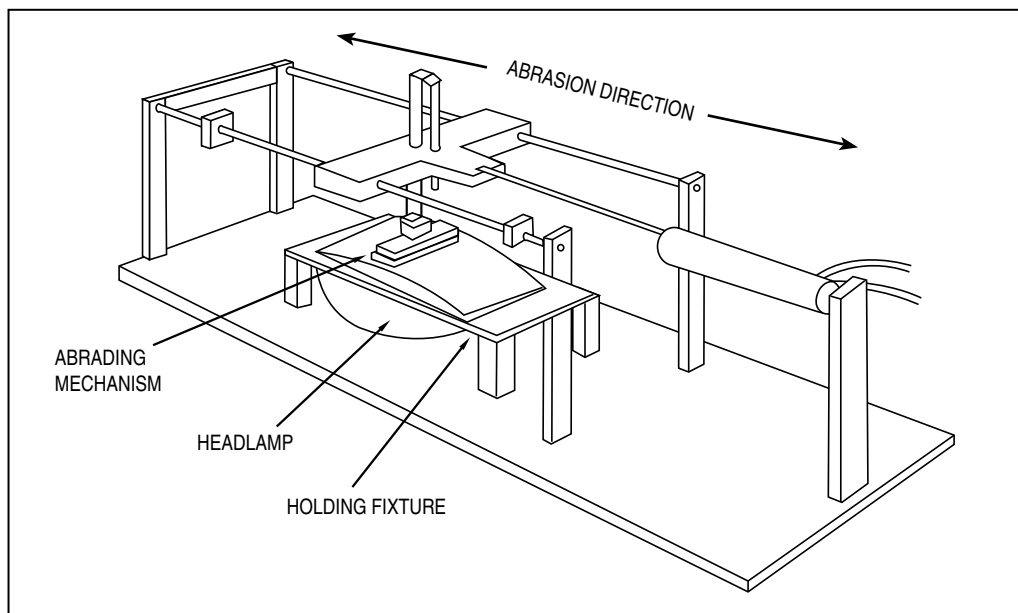
Prueba de abrasión:

Los focos cuyo lente no está hecho de vidrio son colocados en una máquina de prueba de abrasión, como la mostrada en la Ilustración 2-7, y se aplica una presión de aproximadamente 14 kPa, deslizando sobre el lente un bloque con una superficie abrasiva durante 11 ciclos a una velocidad cercana a los 2 cm/s. Al finalizar la prueba, el foco debe cumplir con los requerimientos de luminosidad obtenidos con la prueba de fotometría.

Prueba de resistencia química:

Esta prueba se realiza en lentes que no están hechos de vidrio. En ella se humedecen los lentes y la unión de los reflectores con un líquido de pruebas y se le deja reposar durante 48 h antes de remover el líquido. Al final de la prueba el foco no debe mostrar deterioro de la superficie, fracturas ni deterioro de los materiales de sellado, entre otros defectos.

Ilustración 2-7. Prueba de abrasión de los focos



En esta figura se muestra el dispositivo que se utiliza para llevar a cabo la prueba de abrasión de los focos. La máquina presiona sobre el foco un bloque con una superficie abrasiva y luego aplica un movimiento lineal de vaivén. Obtenida del FMVSS 108, 2011.

Prueba de corrosión:

A excepción de los focos sellados, los focos junto con los conectores, terminales y otros objetos propios de su diseño como los dispositivos de venteo, se someten a prueba de rocío con una solución salina durante 240 h y posteriormente se mide la corriente eléctrica en cada uno de los filamentos del circuito. Una vez finalizada la prueba, no debe existir ningún tipo de corrosión visible sin magnificación, pero en las terminales sí puede aparecer corrosión siempre y cuando su corriente eléctrica sea mayor a 9,7.

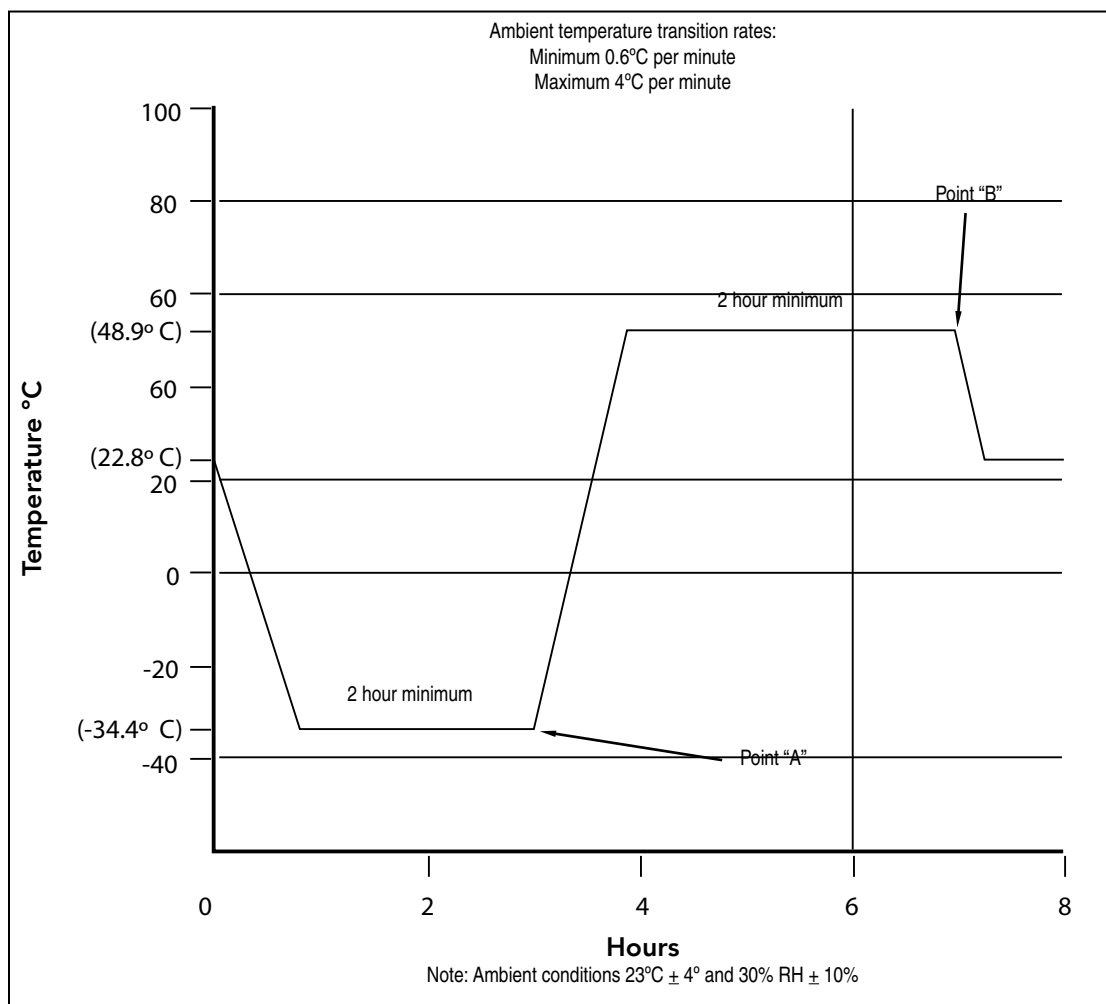
Prueba de resistencia al polvo:

Esta prueba no se aplica a los focos sellados. En ella se colocan los focos junto con los dispositivos de drenaje, venteo, entre otros, en una cámara donde se rocía el ensamble de la lámpara con polvo durante 5 h. Al final, los focos deben satisfacer los requerimientos de la intensidad luminosa.

Prueba de temperatura y calor interno:

Esta prueba se aplica en los focos que poseen una o más fuentes de luz reemplazables. Se coloca la lámpara en una cámara que permita realizar 10 ciclos de cambios de temperatura consecutivos, como lo muestra la Ilustración 2-8. Al finalizar la prueba de temperatura, la lámpara no debe presentar fracturas, ciertas deformaciones, ni humedad en su interior, entre otros tipos de señales de deterioro.

Ilustración 2-8. Curva de la prueba de temperatura de los focos



En esta figura se muestran los cambios de temperatura y los periodos de tiempo a los que son sometidos los focos en la prueba de temperatura. Obtenida del FMVSS 108, 2011.

Además de la prueba de temperatura, se lleva a cabo la prueba de calor interno en los focos que no están hechos de vidrio, en la cual el ensamble del foco se humedece con una mezcla de agua y polvo para reducir la intensidad luminosa y luego se coloca el ensamble en una cámara que permita controlar la temperatura a 35°C durante una hora. Luego se enciende el foco y se le deja así por una hora, permitiendo que la temperatura aumente aún más y posteriormente se le deja enfriar a temperatura ambiente. Al finalizar el ensayo de calor interno, las lámparas no deben presentar deformaciones mayores a 3 mm, medidas paralelamente al eje óptico en el punto de intersección de los ejes de los haces de luz de cada una de las fuentes y la superficie del lente.

Prueba de humedad:

Exceptuando los focos sellados, se colocan los ensambles de los focos en una cámara que permite regular la atmósfera a 38°C y una humedad relativa de 90%, de forma que se puedan aplicar 24 ciclos de tres horas cada uno, durante la primera hora la lámpara permanece encendida a máxima potencia y las dos horas restantes permanece apagada. Luego se someten los ensambles a una prueba de flujo uniforme de aire de 330 ft/min, a 23°C y una humedad relativa de 30% durante una hora. Al final, las lámparas no deben mostrar decapado, humedad, empañamiento o condensación visibles sin magnificación.

Prueba de vibración:

Se someten las lámparas a una prueba de vibración siguiendo el procedimiento del estándar SAE J575E. Una vez finalizada la prueba, no deben apreciarse sin magnificación partes rotas o flojas.

Prueba de sellado:

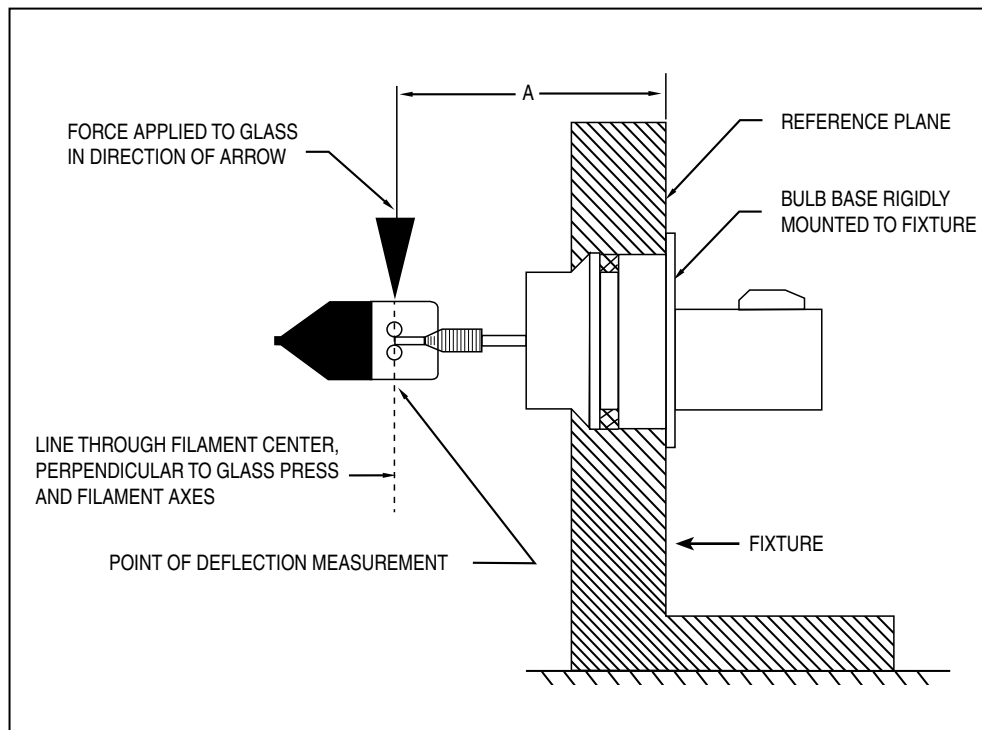
Esta prueba se realiza a fin de determinar si efectivamente los focos sellados están bien protegidos. Para ello se sumerge el foco desensamblado en agua a 60°C aproximadamente durante una hora. Durante la inmersión se enciende el foco a su más alta potencia. Luego se apaga el foco y se sumerge en agua presurizada a 0°C y a 70 kPa durante media hora y se repite todo el proceso tres veces más. Durante la prueba se observa si se forman burbujas que indican si del interior de la lámpara sale aire y si al cabo de los cuatro ciclos entró agua dentro de la lámpara, esta no se considera como sellada.

Prueba de resistencia química y a la corrosión de los reflectores de los focos a los que se les cambia el bulbo:

Se remueve el lente y se remoja el reflector con un líquido de prueba y se le deja reposar en un ambiente a 23°C y 30% de humedad relativa aproximadamente, durante 48 h. Los reflectores también son rociados durante 24 h con una solución salina para observar cómo se comportan en un ambiente corrosivo. Al final el reflector no debe mostrar deterioro de la superficie, fracturas, ni corrosión visible sin magnificación, entre otros defectos.

Hay otras pruebas que se realizan especialmente para ciertos tipos de lámparas. En el caso de las lámparas a las que se les puede reemplazar el bulbo, se lleva a cabo una prueba de deflexión, en la cual se aplica una fuerza de aproximadamente 17,8 N en cuatro puntos diferentes sobre el mismo plano, con una separación angular de 90° entre cada uno de ellos, como se aprecia en la Ilustración 2-9. Después de la aplicación de la fuerza, la deflexión permanente del vidrio que envuelve el foco no debe superar los 0,13 mm.

Ilustración 2-9. Prueba de deflexión de los focos cuyo bulbo es reemplazable



En esta figura se muestra cómo se debe montar un foco cuyo bulbo es reemplazable, para llevar a cabo la prueba de deflexión y el punto de aplicación de la fuerza de 17,8 N, el cual se ubica a una distancia "A" de la orilla externa del sujetador del foco. Obtenida del FMVSS 108, 2011

Aparte de las pruebas que se realizan en los sistemas de iluminación, en el FMVSS 108 también se especifican las luces y equipos que deben tener los vehículos, además de la ubicación y el color de las luces. En la Tabla 2-6 se muestran algunos ejemplos de los requerimientos de las luces de los vehículos de pasajeros, multipropósitos, camiones, buses y motocicletas.

Tabla 2-6. Luces y equipos requeridos por el FMVSS 108

Parte del sistema de iluminación	Color	Montaje y ubicación	Altura de montaje
Luces bajas	Blancas	Frente	55,9cm < h < 137,2cm
Luces altas	Blancas	Frente	55,9cm < h < 137,2cm
Direccionales	Direccionales	Frente o cerca del frente	15 in < h < 83 in
	Ámbar o rojo (excepto en los tractomotores)	Atrás	
Focos traseros	Rojo	Atrás	15 in < h < 72 in
Luces de freno	Rojo	Atrás	15 in < h < 72 in
Luces laterales	Ámbar	A cada lado, lo más lejos del frente que sea práctico	15 in < h
	Rojo (no requerido en tractocamiones)		
Reflectores	Ámbar	A cada lado, lo más lejos del frente que sea práctico	15 in < h < 60 in
	Rojo (no requerido en tractocamiones)		
	Rojo	Atrás	
*Luces de reversa	Blancas	Atrás	-
Luz en la placa	Rojo	Atrás	-

*Exceptuando las motocicletas.

h = altura medida desde el nivel del suelo.

Modificado del FMVSS 108, 2011.

FMVSS 109 (llantas convencionales y ciertas llantas especializadas):

En el estándar se especifican las dimensiones de las llantas y los requerimientos para la resistencia al salirse del aro, durabilidad y comportamiento a altas velocidades de la banda de rodamiento, se definen las tasas de carga y se especifican los requerimientos del etiquetado. Su objetivo es proveer un desempeño seguro de las llantas y velar porque estas tengan suficiente información para su adecuada selección y uso.

Para poder cumplir con los requerimientos del estándar, las llantas son sometidas a las siguientes pruebas:

Corroboración de las dimensiones:

La llanta se coloca en un aro calibrado, se mide su ancho en seis puntos diferentes y se toma el promedio, además se mide el diámetro externo.

Resistencia de la carcasa de las llantas sin cámara:

Se coloca la llanta en posición horizontal y se le hace girar alrededor de su propio eje, mientras que se aplica una carga sobre la pared lateral (anexo C) de la llanta (ver Ilustración 2-10). La fuerza se incrementa hasta que se saca la llanta del aro o hasta que se alcanza una fuerza máxima, la cual depende del ancho y de la carga máxima de la llanta, como lo muestra la Tabla 2-7.

Tabla 2-7. Resistencia de la carcasa de las llantas sin cámara

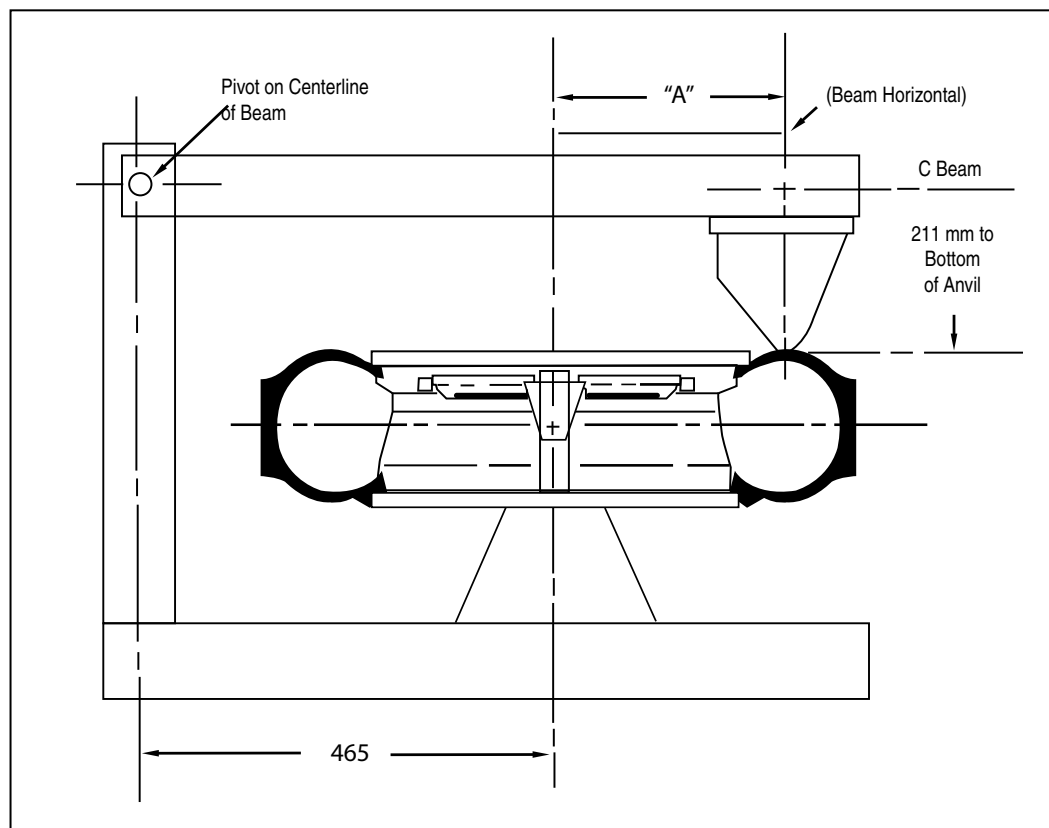
Fuerza requerida (N)	Llantas cuya presión máxima es diferente a 420 KPa	Llantas cuya presión máxima es de 420 KPa
	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)
6,670	$a < 160$	$W < 399$
8,890	$160 \leq a < 205$	$399 \leq W < 635$
11,120	$a \geq 205$	$W \geq 635$

a es el ancho de cara a cara de la llanta.

W es la carga máxima que la llanta puede soportar.

Modificado del FMVSS 109, 2008.

Ilustración 2-10. Prueba de resistencia de la carcasa de las llantas



En esta figura se muestra el montaje de una llanta sin cámara y el modo de aplicación de la carga, para llevar a cabo la prueba de la resistencia de la carcasa. Obtenida del FMVSS 109, 2008.

Resistencia a la perforación:

Se utiliza un indentador con una punta semiesférica y se trata de perforar la llanta. Las llantas deben soportar una energía mínima de ruptura la cual depende de la presión máxima permitida, el material de la llanta, el espesor de la banda de rodadura y el tipo de construcción que se usa para hacerla. Con las medidas de la fuerza y la distancia se calcula la energía aplicada al tratar de perforarla. Por ejemplo, en la Tabla 2-8 se muestra la energía requerida para perforar una llanta cuya banda de rodadura tiene un espesor mayor o igual a 152 mm de una llanta convencional.

Tabla 2-8. Energía mínima de ruptura medida en Joules, para una llanta con una banda de rodadura de 152 mm de espesor

Material	Presión (kPa)			
	240	280	300	340
Rayon	186	373	186	373
Nylon o Poliester	294	588	294	588

Modificado del FMVSS 109, 2008.

Rendimiento de la llanta:

Se presiona la llanta sobre un rodillo y se le hace girar hasta obtener una velocidad de 80 km/h. Se aplica una carga sobre la llanta que va incrementando por periodos de tiempo, de forma que al cabo de 24 horas la carga aplicada tenga una magnitud igual a la carga máxima permisible del neumático. Al final de la prueba la llanta debe tener la misma presión inicial y no debe mostrar separación de ninguno de sus componentes, cuerdas rotas, agrietamientos, ni despedazamiento.

Desempeño a altas velocidades:

Se coloca la llanta sobre un rodillo y se le hace girar de forma que se obtengan diferentes velocidades que varían desde los 80 km/h hasta los 137 km/h, aplicando el 88% de la carga máxima requerida. Al final de la prueba la llanta debe tener la presión inicial y no debe mostrar separación de ninguno de sus componentes, cuerdas rotas, agrietamientos, ni despedazamiento.

Las llantas deben tener impresa en alguna de las caras laterales la siguiente información:

Una designación para el tamaño, presión de inflado máxima permisible, máxima carga, el nombre genérico de cada material usado para hacer las telas de la carcasa, el número de capas de telas, la palabra radial si es ese tipo de llantas¹, si tienen cámara o no, el código DOT y el nombre del fabricante o de la marca, entre otros.

¹En el Anexo 4 se muestran las diferencias constructivas entre los neumáticos radiales y los comunes.

FMVSS 111 (espejos retrovisores)

El estándar especifica los requerimientos para el desempeño y ubicación de los espejos retrovisores, con el fin de reducir la cantidad de muertes y heridos producto de la falta de visibilidad de la parte trasera.

Según lo establecido en este estándar, todos los vehículos de pasajeros deben tener un espejo retrovisor interno que permita ver el tamaño de los objetos igual al tamaño que tienen si se les ve directamente. El soporte del espejo debe dar una sujeción estable y debe permitir ajustar la posición del espejo. Además, si el espejo está colocado cerca del área de impacto de la cabeza, el soporte debe doblarse o colapsar cuando ocurre una colisión sin dejar partes puntiagudas que puedan producir algún daño. Los espejos retrovisores internos deben permitir un rango de visión de 61 m hacia atrás, medidos desde la parte trasera del vehículo y un ángulo de 20° con respecto a la línea de visión del conductor, medido en un plano horizontal.

Los automóviles también deben tener un espejo retrovisor externo del lado del conductor y si el espejo retrovisor interno no cumple con el rango de visión establecido por el estándar, el vehículo debe tener un espejo retrovisor externo del lado del pasajero también. Los espejos deben ser ajustables y deben tener un montaje que no deje partes puntiagudas que puedan dañar a algún peatón en caso de que lo golpee. Se puede colocar un espejo convexo en el espejo retrovisor externo del lado del pasajero para cubrir los requerimientos de visibilidad de dicho espejo. Los espejos retrovisores externos deben proveer un campo de visión que permita al conductor ver 10.7 m hacia atrás, medidos desde la posición del conductor, y 2.4 m perpendiculares a un plano tangente al lado del conductor.

En el caso de vehículos más grandes se necesitan espejos retrovisores externos más amplios. Por ejemplo, en un vehículo de 4.5 toneladas o menos los espejos deben tener un área reflectante de 126 cm², mientras que en vehículos más pesados se requieren espejos con un área de 323 cm². Por otro lado, las motocicletas deben tener un espejo con una superficie de 8,065 mm² o un espejo convexo con un área reflectante de al menos 6,450 mm², colocado a al menos 279 mm del centro longitudinal de la motocicleta.

Los buses escolares deben contar con dos sistemas de espejos retrovisores laterales: sistema A y sistema B. Uno de los sistemas se utiliza solamente para ver a los peatones que se encuentran a los lados del vehículo, mientras que el otro se utiliza durante la conducción para ver a los vehículos.

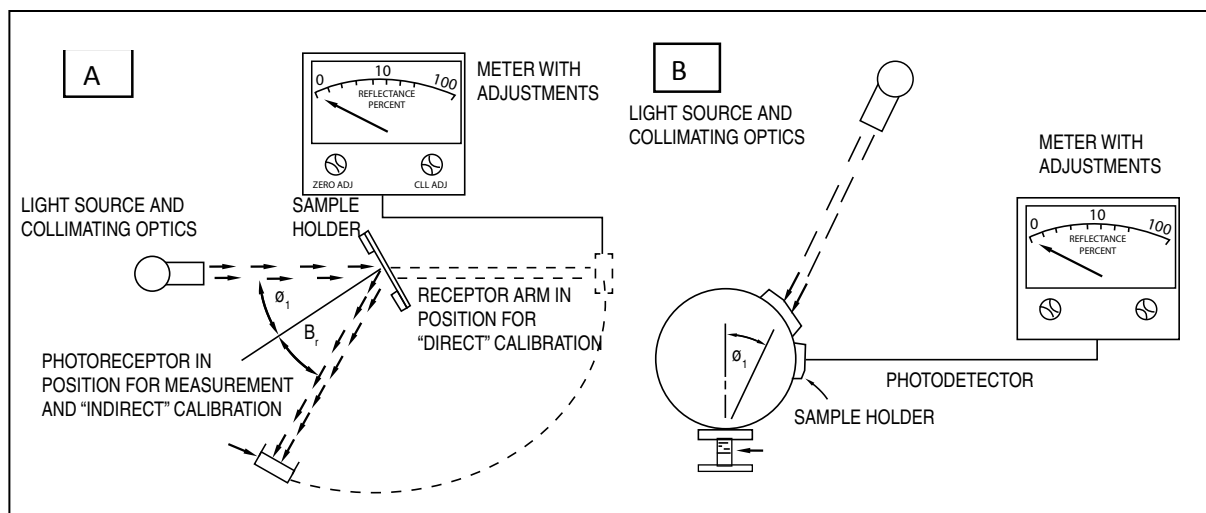
Además de someter los espejos a una corroboración de las dimensiones, estos son sometidos a pruebas para determinar si cumplen con los requisitos de reflectividad y del radio de curvatura (en el caso de espejos convexos). Además, los espejos retrovisores laterales de los buses escolares son sometidos a unas pruebas para determinar la visibilidad lateral y trasera.

Para llevar a cabo las mediciones de la reflectividad de los espejos se sigue el procedimiento estipulado en la norma SAE J964. La prueba consiste en emitir un haz de luz hasta el espejo, el cual lo refleja hasta un fotodetector capaz de medir el porcentaje de reflectancia (ver Ilustración 2-11). Cabe destacar que en el caso de los espejos convexos se necesita una esfera integradora para medir su reflectancia. De

acuerdo con el FMVSS 111, los espejos deben tener una reflectancia mínima del 35% y si los espejos tienen varios niveles de reflectancia, durante la noche el nivel mínimo de reflectancia debes ser del 4%.

Para determinar el radio de curvatura de un espejo convexo se debe utilizar un instrumento llamado esferómetro lineal de tres puntos. La medición se realiza en diez puntos diferentes del espejo y luego se determina el radio de curvatura promedio. El radio de curvatura de tales espejos no debe ser menor que 889 mm ni mayor que 1,651 mm.

Ilustración 2-11. Medición de la reflectancia de los espejos retrovisores



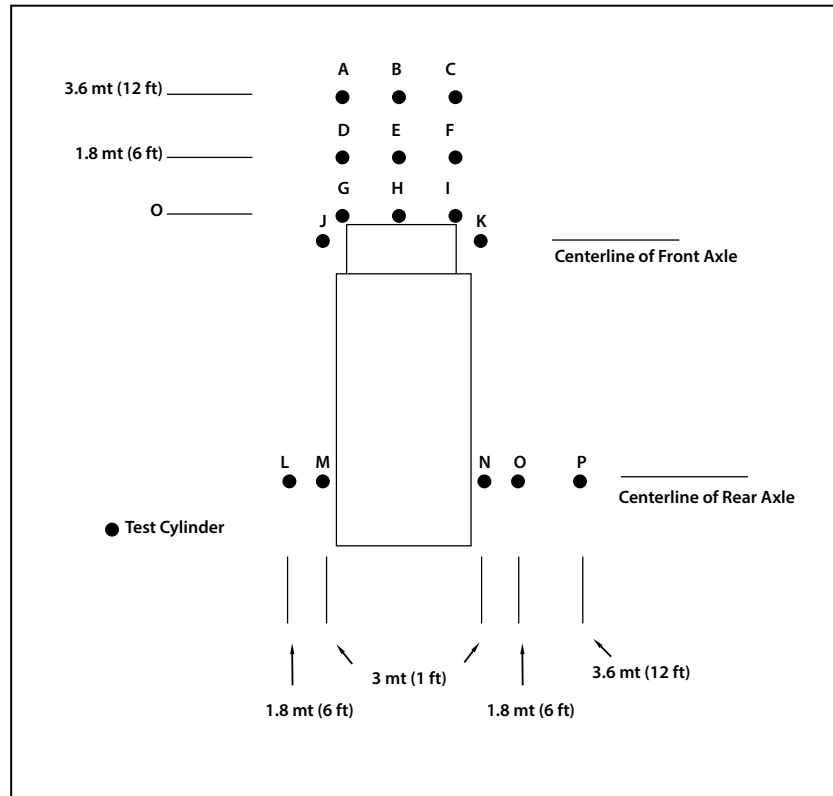
La figura A muestra el reflectómetro utilizado para medir la reflectancia de un espejo plano, mientras que la B muestra el reflectómetro requerido para medir la de un espejo convexo. Obtenidas de la norma SAE J964, 1984. Reimpresas con permiso de SAE International.

Por último, los espejos retrovisores laterales de los buses escolares son sometidos a una prueba para determinar la visibilidad lateral y trasera.

Estas pruebas consisten en colocar fuera del autobús unos cilindros con colores que proveen un contraste alto con respecto a la superficie, cuya altura y diámetro deben ser de 0.3048 m, excepto por el cilindro P, cuya altura debe ser de 0.9144 m y su diámetro de 0.3048 m. En la Ilustración 2-12 se muestra la colocación de los cilindros para llevar a cabo la prueba. El objetivo del ensayo es determinar si se pueden apreciar los cilindros desde la altura de los ojos del conductor.

El sistema de espejos A debe permitir observar totalmente la superficie superior de los cilindros M y N, más un área del suelo que se extiende hacia atrás 61 m, medidos desde la superficie del espejo. Los cilindros ubicados hasta el cilindro P cuya superficie superior no se puede observar totalmente con el sistema de espejos A, deben poder verse usando el sistema de espejos B.

Ilustración 2-12. Determinación de la visibilidad lateral y trasera de los autobuses escolares



Obtenida del FMVSS 111, 2011.

FMVSS 114 (sistema de protección contra robos y prevención contra el rodamiento involuntario)

El objetivo de este estándar es reducir los accidentes que se puedan producir a causa del robo de un vehículo o porque ruede accidentalmente. Este estándar aplica a todos los vehículos de 4.5 toneladas o menos.

De acuerdo con este estándar, todos los vehículos deben poseer un sistema de protección contra robos que evite la activación normal del vehículo y un sistema que bloquee la manivela y/o las llantas cuando la llave no está insertada. También se puede utilizar una alarma que suene cuando la puerta del conductor esté abierta, el automóvil apagado y la llave insertada dentro del sistema de ignición, para alertar al conductor acerca del riesgo de dejar la llave insertada en el llavín.

Los vehículos que tienen una posición especial de la palanca de cambios cuando está estacionado (como los vehículos automáticos), deben poseer un sistema de prevención contra rodadura que se active cuando la marcha esté en la posición de parqueo. También, deben tener un sistema que evite

que se pueda remover la llave cuando la palanca de cambios no está en la posición designada para el vehículo estacionado y que no se pueda mover la marcha a otra posición a menos que la llave esté en el sistema de ignición. La norma también permite remover la llave del sistema de ignición cuando la palanca de cambios no está en la posición de parqueo y/o para mover la palanca de cambios si la llave no está en el sistema de ignición cuando ocurren ciertas situaciones especiales como un fallo eléctrico.

Para que los vehículos cumplan con lo estipulado en el estándar, estos son sometidos a una prueba para determinar si no ruedan libremente cuando se remueve la llave. La prueba consiste en colocar los vehículos en una pendiente de 10% y se coloca la palanca en la marcha de parqueo (parking). Luego se remueve la llave y se liberan los frenos. En esa posición, los vehículos no se deben mover solos más de 150 mm cuando se les deja apagados. Esta prueba se realiza con los vehículos vacíos, pero agregando un peso de 91 kg, y se lleva a cabo evaluando tanto el movimiento hacia adelante como hacia atrás. Además, se verifica que la llave no se pueda retirar en ninguna posición de las marchas cuando el sistema de ignición está activado.

FMVSS 116 (fluidos de freno)

El objetivo del estándar es especificar los requerimientos para fluidos de freno y su almacenamiento, con el fin de reducir el riesgo de la falla de los sistemas de frenos hidráulicos, producto del uso de fluidos de freno inapropiados o el mal estado de los mismos.

El estándar especifica las propiedades físicas que deben poseer los fluidos de freno DOT 3, 4 y 5, las cuales se determinan a partir de las siguientes pruebas de laboratorio:

Punto de ebullición de reflujo estable:

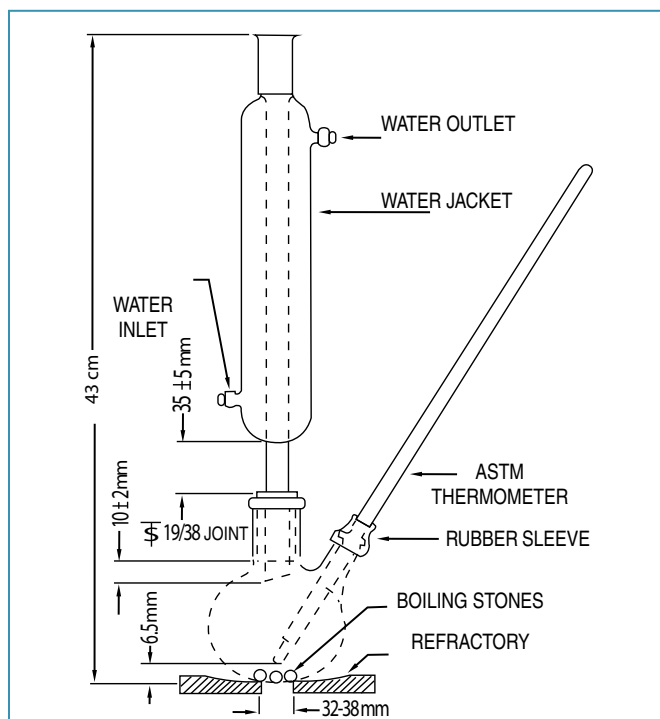
Se hierven 60 ml del líquido de freno a presión atmosférica, bajo condiciones controladas en un balón de destilación conectado a un condensador, de manera que los vapores que se generan son condensados y devueltos al balón (ver Ilustración 2-13). Al obtener un reflujo de condensados estable se toman las medidas de la temperatura de ebullición y se aplica una corrección por las variaciones en el cambio de la presión. La temperatura de ebullición del reflujo estable varía dependiendo del tipo de líquido de frenos; sin embargo, las temperaturas de ebullición para el reflujo estable no deben ser menores a las mostradas en la siguiente Tabla 2-9.

Tabla 2 -9. Temperatura de ebullición de reflujo estable

Líquido de freno	Temperatura de ebullición del reflujo estable (°C)
DOT 3	205
DOT 4	230
DOT 5	260

Modificado del FMVSS 116, 2008.

Ilustración 2-13. Medición de la temperatura de ebullición del reflujo



En esta figura se muestra el balón utilizado para medir la temperatura del reflujo estable, lo cual significa que se evapora el líquido que se coloca en el balón y luego se condensa de forma que el condensado regrese al balón. Cuando el condensado forma un flujo estable, se mide la temperatura de ebullición. Obtenida del FMVSS 116, 2008.

Punto de ebullición húmedo de reflujo estable:

Se calienta una muestra del líquido de frenos en un disecador que contiene una cantidad del fluido SAE TEGME, ambos líquidos en contenedores separados pero con la tapa abierta para humidificar el líquido de frenos. Cuando el líquido TEGME alcanza a tener un contenido de agua de $3.70 \pm 0.05\%$, se extrae la muestra del líquido de frenos, se tapa su contenedor y se le deja enfriar. Luego se realiza la prueba del punto de ebullición de reflujo mencionada anteriormente.

La temperatura de ebullición húmeda de reflujo estable de cada uno de los líquidos de freno se muestra en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10. Temperatura de ebullición húmeda de reflujo estable

Líquido de freno	Temperatura de ebullición del reflujo estable (°C)
DOT 3	140
DOT 4	155
DOT 5	180

Modificado del FMVSS 116, 2008.

Viscosidad cinemática:

Se hace pasar un flujo de líquido de frenos por un viscosímetro capilar de vidrio a una temperatura controlada, lo que permite calcular el valor de la viscosidad cinemática en mm^2/s . Los líquidos de freno deben cumplir con los rangos de viscosidad mostrados en la Tabla 2-11 para que cumplan con los requerimientos del FMVSS 116.

Tabla 2-11. Viscosidad cinemática requerida (mm^2/s) para los líquidos de freno

Líquido de freno	T = 100 °C	T = -40 °C
DOT 3	$1,5 \leq v$	$1500 \geq v$
DOT 4	$1,5 \leq v$	$1800 \geq v$
DOT 5	$1,5 \leq v$	$900 \geq v$

Modificado del FMVSS 116, 2008.

Valor del pH:

Se mezcla el líquido de freno con una proporción igual de agua con etanol. Se coloca la mezcla en un medidor de pH y se realizan las medidas del pH. Los valores del pH no pueden ser menores que 7 ni mayores que 11.5, excepto para el líquido de freno DOT 5 hecho a base de silicio.

Estabilidad del líquido de freno:

La estabilidad de los líquidos de freno se basa en dos categorías. La primera es la estabilidad a las altas temperaturas y la segunda se basa en la estabilidad química. En la prueba de la estabilidad a altas temperaturas, se toma una muestra del líquido de freno puro o mezclado con algún aditivo y se mide el punto de ebullición del reflujo, de forma similar a lo explicado anteriormente, tomando varias mediciones del punto de ebullición. En la prueba de la estabilidad química el líquido de freno se mezcla con un líquido compatible y se determina la diferencia del punto de ebullición del reflujo estable. En ambos casos, la temperatura de ebullición del reflujo estable no debe variar en $\pm 3^\circ\text{C}$.

Prueba de corrosión:

Se toman algunas varillas de ciertos metales de prueba y se mide su peso. Las varillas están unidas en un extremo a unas copas hechas de hule. Luego se colocan los ensambles en una jarra que contiene el líquido de freno y se calientan en un horno a 100°C durante 120 horas. Después se extraen las muestras, se limpian y se vuelven a pesar. Al final, al observar las varillas sin magnificación, éstas no deben mostrar señales de corrosión por picadura ni surcos debidos a la corrosión. En la Tabla 2-12 se muestra la diferencia de peso máxima permisible que pueden presentar las varillas después de la prueba de corrosión. Por otra parte, las copas no deben mostrar ampollas o desprendimiento de capas de hule, su dureza no puede reducirse más de 15 IRHD y su diámetro no debe incrementarse más de 1.4 mm.

Tabla 2-12. Diferencia de peso máxima permisible de las varillas de la prueba de corrosión

Material de la varilla	Diferencia de peso (mg/cm ²)
Acero, hierro colado y hierro estañado	0,2
Aluminio	0,1
Cobre, latón	0,4

Obtenida del FMVSS 116, 2008.

Fluidez y apariencia a bajas temperaturas:

Se coloca el líquido de frenos en una botella y se le deja enfriar a la temperatura mínima que se espera a la que va a ser expuesto. Bajo esas condiciones el líquido de frenos no debe presentar sedimentación, formaciones de fangos, cristalización o estratificación. Luego se le da vuelta a la botella y se cuenta el número de segundos en que dura la burbuja de aire en llegar a la cima, el cual no puede exceder 10 segundos si el líquido se enfrió a -40 °C o 20 segundos si se enfrió a -50 °C. Cuando el líquido se calienta a la temperatura ambiente, este debe mostrar las mismas características de claridad y fluidez que tenía antes de iniciarse la prueba.

Prueba de tolerancia al agua:

Se diluye el líquido de frenos con 3.5% de agua y se enfría a -40 °C durante 120 horas. Luego se revisa la mezcla, ya que ésta no debe mostrar cristalización, estratificación ni sedimentación. Después se invierte la botella y se miden los segundos que dura la burbuja de aire en alcanzar las parte de arriba de la misma, tiempo que no debe sobrepasar los 10 segundos. Posteriormente se calienta por 24 horas a 60°C. Nuevamente la mezcla no debe mostrar estratificación y la sedimentación no debe sobrepasar 0.15% del volumen.

Prueba de compatibilidad con otros líquidos de freno:

Se mezcla el líquido de frenos con un volumen igual de algún líquido de frenos compatible y se realiza la prueba de tolerancia al agua, pero sin medir el tiempo que dura subiendo la burbuja de aire. Después de haberse sometido la mezcla a temperaturas bajas, esta no debe presentar cristalización, sedimentación, ni formación de lodos. Al calentarse a 60°C la sedimentación no debe exceder 0.05% del volumen y no debe haber estratificación, a excepción del DOT 5 SSBF.

Prueba de resistencia a la oxidación:

Esta prueba se hace para determinar la estabilidad de los líquidos de freno bajo condiciones oxidantes. Consiste en activar el líquido de freno agregándole un reactivo. En esa mezcla se coloca un ensamble que consta de una varilla de aluminio, una de hierro fundido, una hoja delgada de estaño y una copa de hule y se calienta todo a 70°C. Al finalizar la prueba las varillas no deben mostrar corrosión por picadura ni surcos debidos a la corrosión. La varilla de aluminio no debe perder más de 0.05 mg/cm² y la de hierro fundido 0.3 mg/cm².

Efecto en las copas de hule:

Se colocan las copas en un recipiente que contiene el líquido de frenos y se calienta a 70°C y luego a 120°C. Después de exponerlas a este ambiente, se les examina. Para que el líquido apruebe este examen, las copas no deben aumentar más de 0.14 mm o disminuir menos de 0.15 mm, su dureza no debe reducirse más de 10 IRHD (cuando se prueba a 70°C) ni disminuir más de 15 IRHD (cuando se prueba a 120°C). Además, no deben mostrar ampollas, volverse pegajosas o presentar separación de capas del material.

Prueba del comportamiento ante condiciones de operación:

Se coloca el fluido de frenos en un sistema de frenos hidráulico, que simula el de un vehículo, cuyas partes están limpias. Durante la prueba se controla la temperatura, la presión y el flujo del líquido de freno que circula por el mecanismo. Al finalizar la prueba, las partes metálicas no deben mostrar picadura ni surcos debidos a la corrosión, cuando se les examina sin magnificación. El cambio de diámetro de ninguno de los pistones del mecanismo debe exceder 0.13 mm, no más de una copa debe presentar una reducción en la dureza mayor a 17 IRHD, y ninguna de las copas debe presentar deterioros a causa del contacto con el líquido de frenos o tener un aumento de diámetro mayor a 0.90 mm. En las fugas no se debe perder más de 36 mm³ de líquido de frenos. Los sedimentos que se producen no deben exceder 1.5% del volumen y los pistones de los frenos no deben presentar depósitos de partículas abrasivas.

FMVSS 117 (llantas neumáticas reencuchadas)

Este estándar vela porque las llantas reencuchadas de los vehículos de pasajeros cumplan con ciertos requerimientos de desempeño, etiquetado y certificación.

El estándar estipula que la llantas reencuchadas deben cumplir con los mismos requerimientos dimensionales, requerimientos generales, requerimientos de resistencia de la carcasa de las llantas sin cámara y los requerimientos de la resistencia de las llantas especificados en el FMVSS 109.

En el caso de la comprobación de las dimensiones, la diferencia del requerimiento entre una llanta nueva y una reencuchada es que el espesor de la llanta no debe superar el 110% del espesor especificado originalmente y el tamaño de la llanta debe ser al menos 97% del tamaño especificado. Además, las llantas reencuchados no deben mostrar un tamaño, una carga máxima o una presión máxima de inflado permisible mayor a la que tenía originalmente.

Las llantas no pueden ser reencuchados si la parte del neumático que está en contacto con la llanta muestra cables o fibras expuestas o si las cuerdas o telas que forman el cuerpo del neumático están expuestas (esta es la parte que va cubierta por la banda de rodadura). Tampoco se pueden reencuchar las llantas si en alguna parte del proceso se remueve o se agrega alguna de las telas o cables que conforman el cuerpo.

Las llantas reencuchadas también deben mostrar las siglas DOT, el tamaño y el número de telas que posee actualmente.

FMVSS 118 (ventanas, sistemas de particiones y techo solar eléctricos)

Este estándar indica cómo deben funcionar las ventanas eléctricas, las particiones y los techos solares para reducir el riesgo de lesiones y muertes producto de una activación accidental. Se aplica a todos los vehículos de 4.5 toneladas o menos.

El estándar estipula que las ventanas, las particiones y los techos solares se deben activar sólo cuando la llave de ignición está en las posiciones de START, ON o ACCESORY, por fuerza muscular sin asistencia del sistema eléctrico o por la activación continua de un control remoto, entre otras situaciones.

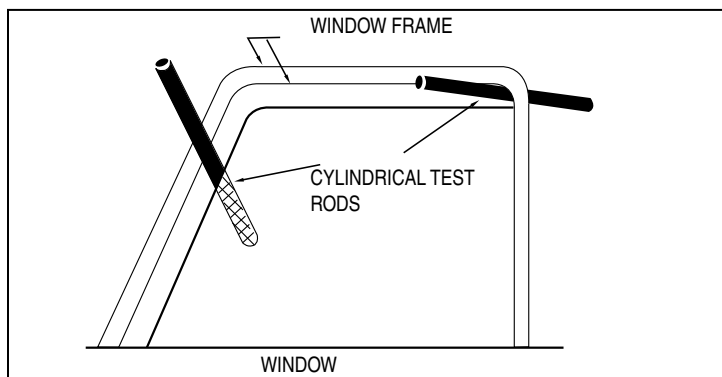
En el caso de los sistemas que poseen un sistema de reversa automático, se realizan dos tipos de pruebas: una prueba se hace para evaluar los sistemas que detectan obstrucciones por contacto físico o por la interrupción de un haz de luz y la otra se hace para evaluar los sistemas infrarrojos de detección de obstrucciones.

El ensayo para evaluar los sistemas de detección de obstrucciones por contacto físico o por deflexión de la luz consiste en colocar una barra en contacto con el extremo donde choca el borde de la ventana, partición o techo solar, en la abertura cuando los componentes se están cerrando, para así determinar si el sistema se detiene y activa la dirección en reversa antes de colisionar con la barra de prueba o antes de aplastarla con una fuerza de 100 N (ver Ilustración 2-14). La barra de prueba es una barra cilíndrica y debe tener un diámetro que esté entre 4 mm y 200 mm, y cuya fuerza de deflexión no debe ser menor a 65 N/mm para las barras de 25 mm de diámetro o menos, y no menor que 20 N/mm para las barras de más de 20 mm de diámetro.

El ensayo para evaluar los sistemas infrarrojos de detección de obstrucciones es similar al anterior, no obstante el vehículo debe ser colocado bajo una luz incandescente que produce 64,500 luxes en el sensor infrarrojo. El haz de luz debe ser dirigido al sensor tan perpendicularmente como sea posible. Bajo las mismas condiciones se lleva a cabo otra prueba que consiste en mover la barra hacia adentro y hacia afuera mientras el sistema se está cerrando.

Además, se lleva a cabo la medición de la longitud de onda de la luz infrarroja bajo tales condiciones de iluminación. La longitud de onda debe estar entre 850 nm y 1,050 nm.

Ilustración 2-14. Prueba de funcionamiento de los sistemas de detección de obstrucciones de las ventanas, particiones o techos solares eléctricos



Obtenida del FMVSS 118, 2011.

FMVSS 119 (Nuevas llantas neumáticas para vehículos de más de 4.5 toneladas y motocicletas):

Este estándar establece niveles mínimos aceptables de desempeño para las llantas de los vehículos de más de 4.5 toneladas y motocicletas.

Con el fin de verificar que estas llantas cumplen con los requerimientos, son sometidas a pruebas de durabilidad, de resistencia a la penetración y de desempeño a altas velocidades.

Prueba de durabilidad: se monta la llanta inflada a la presión correspondiente a la máxima carga, en un eje que la mantiene presionada aplicando una fuerza calculada como un porcentaje de la carga máxima, contra una rueda de igual ancho o más, y se le hace girar a diferentes velocidades y tiempos de prueba. La velocidad de prueba depende del tipo de llanta que se está probando.

Al final de la prueba no debe haber evidencia de separación entre los componentes de las llantas, cuerdas rotas, agrietamiento, pedazos sueltos, ni aberturas. Además, la presión de la llanta se debe mantener igual a la inicial. En la siguiente tabla se muestran las velocidades y tiempos utilizados en las pruebas de algunos tipos de neumáticos.

Tabla 2-13. Velocidades utilizadas en la prueba de durabilidad de algunos tipos de neumáticos

Descripción	Carga	Velocidad de prueba (rpm)	Porcentaje de la carga máxima		
			I-7 horas	II-16 horas	III-24 horas
Llantas con límite de velocidad establecido en 90 km/h	F, G, H, J, L, M Y N	125	66	84	101
Motocicletas	Todas	250	66	84	101

Modificado del FMVSS 119, 2008.

Prueba de resistencia a la penetración:

De igual manera a lo mencionado en el estándar 109, la prueba consiste en perforar el neumático con un indentador hasta que la llanta se rompa o hasta que el indentador sea detenido por el aro y se registra la energía suministrada en la prueba. El neumático debe soportar ciertos valores de energía de perforación, pero los valores requeridos dependen del tipo de llanta. Por ejemplo, en la Tabla 2-14 se muestran los valores de energía de perforación para neumáticos de vehículos pesados, que usan aros más grandes que los aros #12.

Desempeño a altas velocidades:

Se aplica el 88% de la carga vertical máxima y se hace rotar el neumático a una velocidad de 250 rpm durante dos horas. Luego se realizan ciertos incrementos de velocidad hasta alcanzar los 425 rpm y se mantiene la velocidad constante por 30 minutos. Al final de la prueba no debe haber evidencia de separación entre los componentes de las llantas, agrietamiento, pedazos sueltos, ni aberturas. Además, la presión de la llanta se debe mantener igual a la inicial.

Tabla 2-14. Energía de perforación mínima en Joules, para neumáticos de vehículos pesados

Carga	Neumáticos para vehículos pesados, con aros más grandes que el aro #12	
	Neumático sin cámara	Neumático con cámara
D	892	734
E	1,412	971
F	1,785	1,412

Las energías de perforación mostradas en esta tabla se obtuvieron utilizando un indentador de 31.75mm de diámetro. Modificado del FMVSS 119, 2008.

Los neumáticos deben tener indicadores del desgaste de la banda de rodadura. También deben tener marcados en las paredes laterales el símbolo DOT, su número de identificación, la designación de su tamaño, la máxima carga y su correspondiente presión de inflado, la restricción de la velocidad y el número actual de capas de tela y cuerdas.

FMVSS 121 (Sistemas de freno de aire comprimido)

Este estándar establece el desempeño y equipo requerido en los sistemas de frenado que utilizan aire comprimido, para asegurar un frenado seguro ante condiciones de frenado normales y de emergencia.

En este estándar primero se especifican algunos componentes y sistemas que deben poseer los vehículos. En primer lugar, los camiones y los buses deben tener un compresor de aire que pueda entregar aire a presión en un rango de 85 a 100 psi [586 KPa a 689 KPa] cuando el vehículo está viajando a su velocidad máxima.

En segundo lugar, deben tener un gobernador que libere la presión si ésta trata de sobrepasar los 85 psi [586 KPa], para el caso de los autobuses o los 100 psi [689 KPa], para el caso de los camiones.

En tercer lugar, los vehículos deben tener uno o más tanques de reserva de aire cuya capacidad de almacenaje combinada debe ser de al menos 12 veces la capacidad total de las cámaras del sistema de frenos. También, cada tanque de reservorio debe ser capaz de soportar una presión hidrostática máxima mayor a la presión máxima que dan los compresores o 500 psi [3447 KPa] (lo que sea mayor) durante 15 minutos, además deben tener válvulas de retención, en el caso de que se presenten fugas de aire y un drenaje de condensado.

En cuarto lugar, la cabina del conductor debe tener un manómetro por cada uno de los sistemas de freno y una señal de advertencia adicional que indique cuando hay alguna falla en los reservorios.

En quinto lugar, los vehículos deben contar con frenos ABS que posean un circuito que active una señal luminosa en la cabina del conductor en el caso de que el sistema ABS esté fallando.

En sexto lugar, los vehículos deben tener ajustadores de holgura automáticos para compensar el desgaste de los componentes y un indicador del ajuste del freno; debido a que los componentes del sistema de freno sufren desgaste durante el uso y los vehículos pueden perder la capacidad del frenado.

De forma similar los remolques deben cumplir con todos los requerimientos mencionados anteriormente. No obstante, la capacidad de los tanques de reserva de aire debe ser al menos ocho veces la suma de la capacidad de todas las cámaras del sistema de frenos, y no doce, como lo es el caso de los vehículos tractocamiones y los vehículos unitarios. Además, los remolques construidos entre el periodo 2001-2009 deben tener una lámpara externa que indica si el sistema de frenos ABS está fallando.

Para determinar si los sistemas de frenado cumplen con lo requerido, los vehículos de carga pesada son sometidos a diversas pruebas de frenado en carretera. La primera consiste en desgastar los frenos para adecuarlos para las siguientes pruebas de frenado. Para ello se deben detener los vehículos abruptamente unas 500 veces desde una velocidad de 40 mph (64.4 km/h) y a una desaceleración de 10 ft/s² (3.05 m/s²). Durante esta prueba es permitido ajustar los frenos hasta tres veces, pero las llantas del tractocamión no se deben bloquear. Para ello los camiones deben estar cargados a su GVW, con la carga adecuadamente distribuida según el GAWR. Además, si el vehículo es un tractocamión con semirremolque, el semirremolque no debe poseer frenos en el momento de la prueba.

Una vez llevada a cabo la prueba de desgaste de los frenos, se realizan las pruebas de frenado en una pista plana con un coeficiente de fricción de 0.9. Estas pruebas se realizan con los vehículos cargados y descargados, y las distancias de frenado requeridas se muestran en la Tabla 2-15.

Tabla 2-15. Distancia de frenado requerida (ft) para vehículos con sistemas de frenos de aire comprimido.

Velocidad		Frenos de servicio										Frenos de emergencia			
		1		2		3		4		5		6		7	
mph	Km/h	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m
50	80	216	65.8	176	53.6	216	65.8	233	71.0	166	50.6	435	132.6	504	153.6
60	96.6	310	94.5	250	76.2	310	94.5	335	102.1	235	71.6	613	186.8	720	219.5

1 Camiones unitarios cargados

2 Tractocamiones de 2 ejes cargados, o con 3 ejes y un PMV de 70,000 lb (31.8 ton) o menos, o de 4 o más ejes y un PMV de 85,000 lb (38.6 ton) o menos. Probados con un semitrailer sin frenos.

3 Tractocamiones cargados de 3 ejes y un PMV mayor que 70,000 lb (31.8 ton), o de 4 o más ejes y un PMV mayor que 85,000 lb (38.6 ton). Probados con un semitrailer sin frenos.

4 Camiones unitarios descargados

5 Tractocamiones descargados (cabezales)

6 Todos los vehículos excepto los tractocamiones (cargados y descargados)

7 Tractocamiones descargados (cabezales)

Maniobra de frenado en línea recta y en superficie seca. El coeficiente de fricción es de 0.9. Se usan velocidades de prueba inferiores a 60 mph para los vehículos que no pueden alcanzar tal velocidad.

Modificada del FMVSS 121, 2011.

²GAWR, por sus siglas en inglés, significa el peso máximo que puede soportar cada eje.

También se pueden hacer pruebas en un dinamómetro. En este caso también se deben desgastar los frenos aplicándolos súbitamente 200 veces desde una velocidad de 40 mph [64.4 km/h] y a una tasa de desaceleración de 10 ft/s² [3.05 m/s²]. Cuando los sistemas de frenos son sometidos a prueba en un dinamómetro, la razón de fuerza de frenado/GAWR² debe cumplir con lo indicado en la Tabla 2-16.

Tabla 2-16. Razón de fuerza retardante/GAWR requeridos

Fuerza retardante del Freno/GAWR	Presión en la cámara de aire del freno	
	psi	KP
0.05	20	138
0.12	30	207
0.18	40	276
0.25	50	345
0.31	60	413
0.37	70	482
0.41	80	551

Modificada del FMVSS 121, 2011.

Para realizar las pruebas de la distancia de frenado, los vehículos deben estar cargados soportando el peso máximo permisible, sus neumáticos deben estar inflados a la presión recomendada, la marcha debe estar puesta en neutro y las ventanas y puertas deben estar cerradas. Además, la temperatura ambiente debe estar entre 0°C y 38°C y la velocidad del viento debe ser nula. Como el coeficiente de fricción es un factor muy importante en el desempeño del sistema de frenos de los vehículos, se requiere que haya un coeficiente de fricción pico entre las llantas y la carretera de 0.9.

Adicionalmente, se realizan unas pruebas de frenado para estudiar la estabilidad de los vehículos durante tal maniobra. Para ello se hacen cuatro pruebas consecutivas para cada condición de carga, las cuales consisten en frenar los vehículos en una trayectoria curva cuya superficie posee un coeficiente de fricción de 0.5 desde una velocidad de 30 mph [48.3 km/h], probando los vehículos cargados al PMV y descargados. Entonces, el comportamiento de los vehículos se considerará satisfactorio si ninguna parte de ellos se sale de un carril de 12 ft [3.66 m] de ancho, en tres de los cuatro intentos.

Por último, en el estándar se especifican algunos otros aspectos técnicos de los sistemas de frenos, como se muestra a continuación:

Tiempo de actuación:

Dado que el sistema de frenos es accionado neumáticamente, éste toma un poco más de tiempo en reaccionar que los vehículos que tienen sistemas de frenos hidráulicos. Es por este motivo que se deben regular los tiempos de reacción. Esta prueba se realiza cuando el tanque de almacenamiento de aire comprimido está a 100 psi, en la cual se requiere que cada una de las cámaras de los sistemas de frenos alcance los 60 psi en un tiempo que depende del tipo de vehículo, pero que varía entre los 0.35 a 0.6 segundos.

Tiempo de apertura de los frenos:

Al dejar de presionar el pedal que activa los frenos, el sistema no debe durar mucho tiempo en abrir los discos de los frenos para permitir que las ruedas giren libremente. Para esto se requiere que cada una de las cámaras pase de una presión de 95 psi [655 kPa] a 5 psi [34.5 kPa] en un lapso de tiempo que dependiendo del tipo de vehículo o su uso, varía entre los 0.55 segundos a 1.20 segundos.

Potencia de frenado:

Los frenos se montan en un dinamómetro de inercia para probar su potencia. Cada uno de los frenos debe poder reducir la velocidad de 50 millas/h [80.4 km/h] a 15 millas/h [24.1 km/h] con una desaceleración de 9 ft/s² [2.74 m/s²]. Además, cada uno de ellos debe poder detener el neumático completamente desde una velocidad de 20 millas/h [32.2 km/h] con una desaceleración de 14 ft/s² [4.27 m/s²].

Recuperación de los frenos:

Luego de realizarse la prueba de potencia, los frenos deben ser capaces de poder detener un vehículo repetidas veces desde una velocidad de 48 km/h a una desaceleración de 12 ft/s² [3.68 m/s²].

Frenos ABS:

En el caso de que los sistemas de frenos antibloqueo o ABS fallen, la falla no debe aumentar el tiempo de actuación de los frenos ni tampoco el tiempo de apertura de los mismos. Además, si los semirremolques utilizan frenos ABS, la energía requerida para activarlos debe ser provista por el sistema de energía del tractomotor.

Frenos de parqueo:

Todos los vehículos deben tener un sistema de frenos de parqueo. Entre los requerimientos más importantes, el estándar especifica que los frenos de parqueo deben tener una fuerza "f" tal que el coeficiente de f/GAWR debe ser igual a 0.28 para vehículos de más de dos ejes y de 0.14 para los tractomotores con más de dos ejes. Además, cuando el vehículo tiene todos los frenos de parqueo activados, debe poder mantenerse estático en una pendiente de 20%.

Sistema de frenos de emergencia:

Estos frenos deben ser activados, modulados o liberados con el mismo sistema que se utiliza para activar los frenos de servicio. Por otro lado, los semirremolques poseen un sistema de control que activa automáticamente los frenos de servicio si la presión del aire del sistema cae a 20 psi [137.9 kPa].

Por último, los sistemas de aire comprimido normalmente presentan ciertas fugas, por lo que se producen pérdidas de presión. Por lo tanto, el sistema de aire comprimido debe ser capaz de mantener la presión por encima de los 70 psi [482.6 kPa], a pesar de que existan ciertas fugas, o de lo contrario no cumpliría con lo establecido en el FMVSS 121.

FMVSS 122 (Sistemas de frenos de las motocicletas)

Este estándar establece el equipo y los requerimientos de desempeño de los frenos de las motocicletas de dos y tres ruedas, con el fin de asegurar que frenen de forma segura ante condiciones normales de uso y condiciones de emergencia.

Las pruebas de los frenos de las motocicletas se realizan bajo ciertas condiciones especiales. Se requiere que la temperatura ambiente esté entre 0°C y 38°C, la velocidad del viento debe ser menor a 15 millas/h [24.1 km/h], o menor que 10 millas/h [16.1] cuando el viento está a 45° con respecto a las motocicletas. Además, los neumáticos deben estar inflados a la presión recomendada por el fabricante, la motocicleta debe tener la cantidad apropiada de líquido de frenos y debe estar cargada con un peso de 90 kg, entre otras condiciones.

Según este estándar, las motocicletas deben tener un sistema de frenos dividido o dos sistemas de frenos, de manera que si falla alguno, no se vea afectado el funcionamiento del otro. Además, para cada uno de los cilindros de cada sistema de frenos, las motocicletas deben tener un reservorio del líquido de frenos.

En el caso de que la motocicleta tenga un sistema de frenos dividido, esta debe contar con una lámpara que indique el fallo del sistema.

Las pruebas que se realizan consisten en tres ensayos de efectividad utilizando ambos sistemas de frenado, un ensayo de efectividad utilizando un sistema de frenado (prueba de efectividad parcial), un ensayo de pérdida y recuperación de la capacidad de frenado en condiciones secas y húmedas, y un ensayo para el sistema de frenos de parqueo.

Las pruebas de efectividad de los frenos consisten en que el sistema de frenos pueda detener la motocicleta al menos una vez en una distancia de frenado específica, cuando la motocicleta viaja a cierta velocidad. En la Tabla 2-17 se muestran las distancias de frenado requeridas.

Por otro lado, las pruebas de pérdida y recuperación de la capacidad de frenado consisten en determinar la fuerza que se debe aplicar en la palanca de la mano o en el pedal para detener la motocicleta, después de haber sometido los sistemas de frenos a condiciones de uso que reducen su capacidad. Las fuerzas requeridas en el pedal y en la mano no deben exceder 400 N y 245 N respectivamente.

Por último, el sistema de frenos de parqueo debe ser capaz de mantener estática la motocicleta en una pendiente de 30% aplicando una fuerza de 40 kg si el sistema de frenos se acciona por pedal, o una fuerza de 25 kg si se acciona por medio de una palanca de mano.

Tabla 2-17. Distancias de frenado requeridas para los frenos de motocicleta

Tipo de prueba	Velocidad (millas/h)	Distancia de frenado (ft)
Primera prueba de efectividad sistema de frenos parcial	30	54
	60	216
Primera prueba de efectividad sistema de frenos parcial	30	121
	60	484
Segunda prueba de efectividad	30	43
	60	185
	80	345
Prueba de efectividad final	30	43
	60	185
	80	345

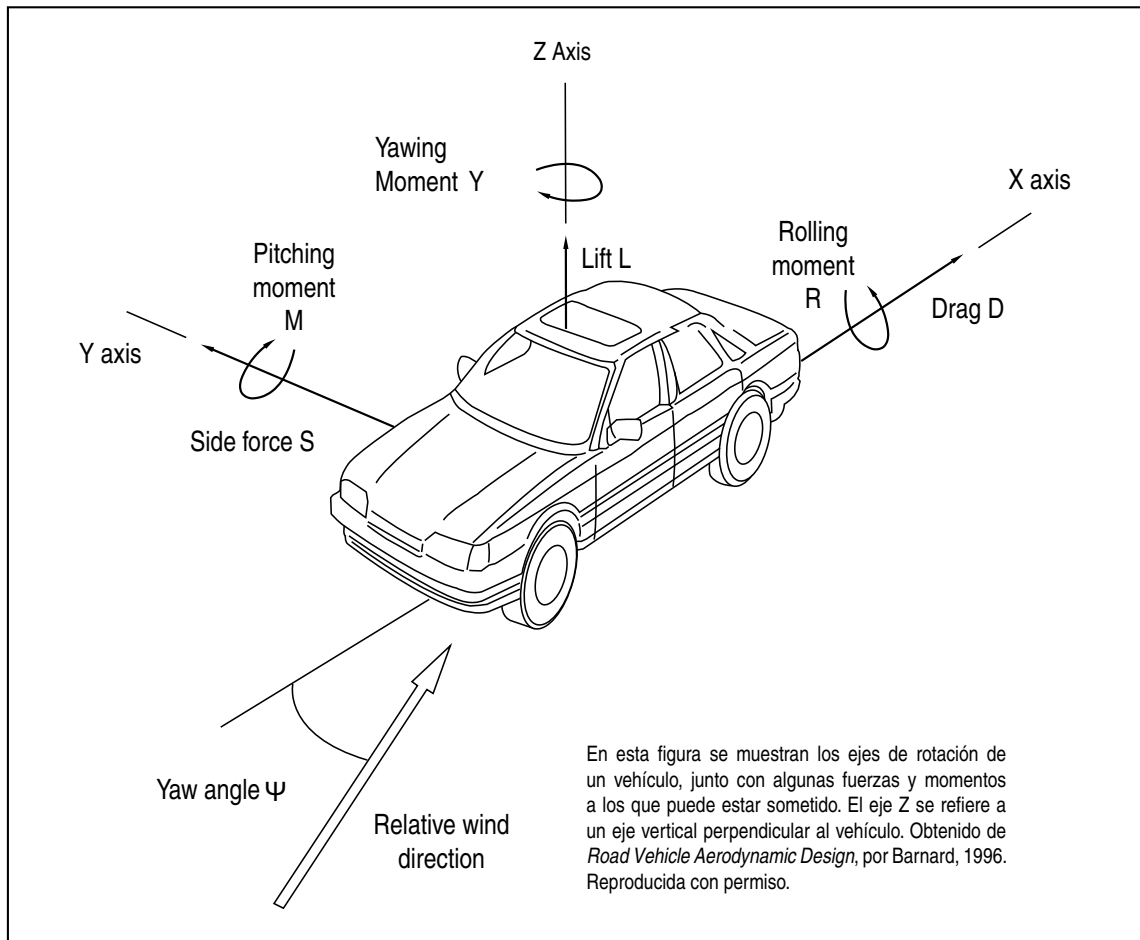
Modificada del FMVSS 122, 2008.

FMVSS 126 (Sistemas electrónicos de control de estabilidad)

En este estándar se establecen los requerimientos de desempeño y el equipo requerido para los sistemas electrónicos de estabilidad, con el fin de reducir las lesiones y muertes que se presentan en las colisiones a causa de la pérdida del control direccional de vehículos de 4.5 toneladas o menos, excepto las motocicletas.

Los sistemas de estabilidad sirven para corregir el curso del vehículo en caso de que este tienda a derrapar. Estos son sistemas de control que actúan de acuerdo con la diferencia en la medida de la posición lateral de alguna parte del vehículo. Una característica importante de estos sistemas de control es que están hechos para reducir la influencia de un impulso que excite el sistema. En este caso el sistema es el vehículo y la excitación es una pérdida de control momentánea que produzca un cambio abrupto en el curso deseado del mismo. En la Ilustración 2-16 se muestra la respuesta de un sistema de estabilidad, en la que el primer gráfico indica la variación del ángulo del volante y el segundo la velocidad de giro del vehículo que se produce cuando rota sobre un eje vertical que pasa por el centro de gravedad (ver Ilustración 2-15).

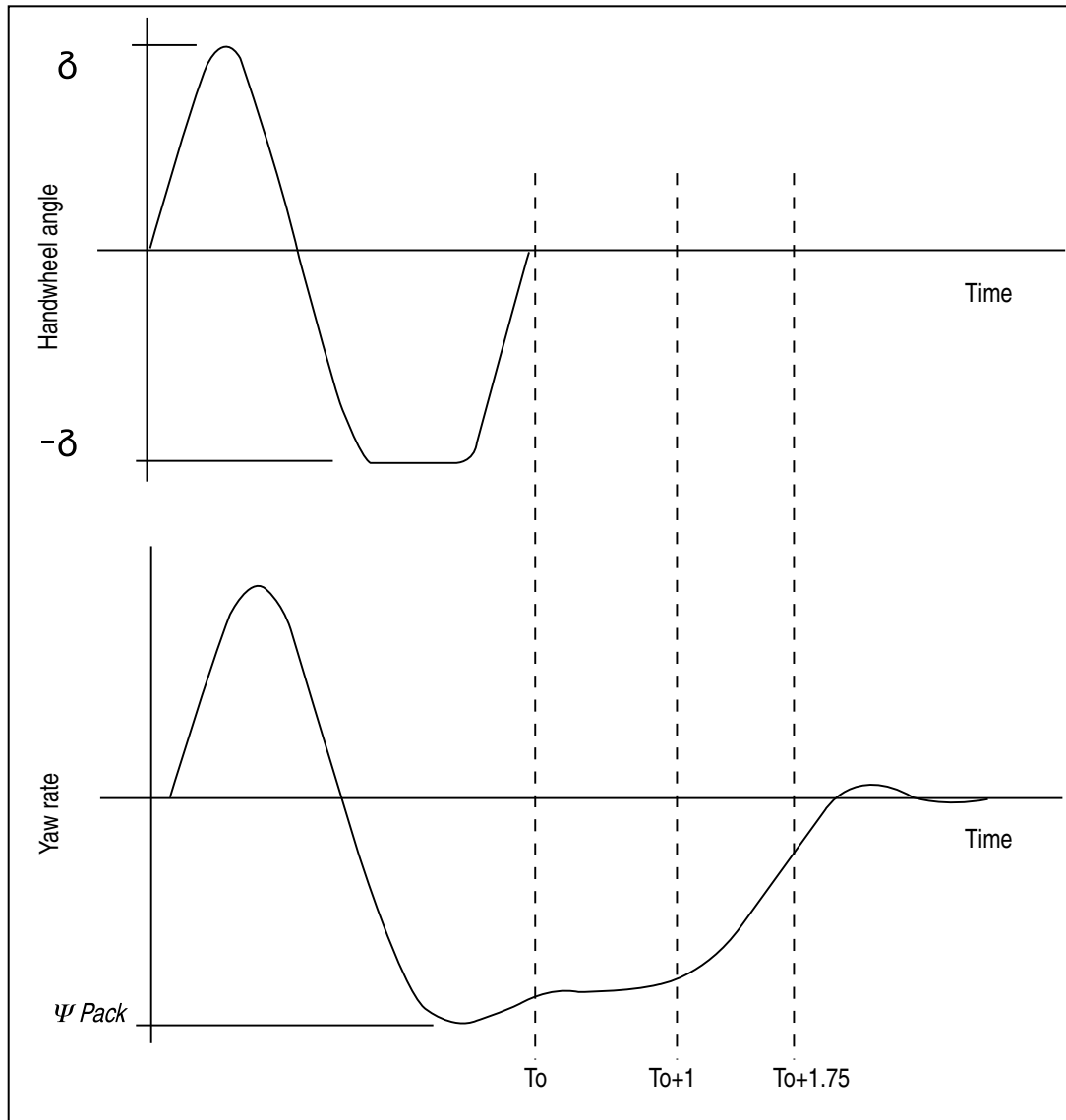
Ilustración 2-15. Ángulos de rotación de un vehículo



La Ilustración 2-16 muestra que ante un impulso, en el sistema se produce un sobresalto del ángulo de giro de la manivela y en la velocidad de giro del vehículo alrededor de su propio eje, lo cual se representa como picos. Luego el sistema de control estabiliza el sistema eliminando los picos. De esta manera se establecieron dos criterios de estabilidad que estos sistemas deben satisfacer. El primero indica que la velocidad de giro del vehículo no puede exceder el 35% de la magnitud del primer pico un segundo después de que se haya dejado de girar la manivela, y el segundo indica que la velocidad de giro del vehículo no puede ser mayor al 20% de la magnitud del primer pico 1.75 segundos después de que se haya dejado de girar la manivela.

Los sistemas electrónicos de estabilidad también deben satisfacer un criterio de respuesta que exige que el desplazamiento lateral del vehículo, medido con respecto a la trayectoria en línea recta que llevaba antes de que se empezara a dar la pérdida del control, debe de ser de al menos 1.83 m para los vehículos de 3.5 toneladas o menos, y de al menos 1.52 m para los vehículos de más de 3.5 toneladas, 1.07 segundos después del comienzo de el viraje de la manivela. De acuerdo con NHTSA (2006), este criterio se utiliza con el fin de que la intervención del sistema de control de estabilidad no reduzca la habilidad del vehículo de responder ante la maniobra que trata de hacer el conductor.

Ilustración 2-16. Gráficos del ángulo de la manivela y rotación de un vehículo sobre su propio eje vertical vrs tiempo



En esta figura se muestra primero el gráfico del ángulo de la manivela de un vehículo en función del tiempo y en segundo lugar el gráfico de la rotación de un vehículo sobre su propio eje en función del tiempo también, los cuales se utilizan para medir el desempeño de los sistemas electrónicos para el control de la estabilidad. Obtenida del FMVSS 126, 2008.

El vehículo debe poseer una señal luminosa que indique si el sistema de control de estabilidad está presentando algún tipo de problema y debe mantenerse encendida cuando el vehículo está en funcionamiento. El sistema electrónico de control de estabilidad debe activarse automáticamente cada vez que se enciende el vehículo, pero puede ser desactivado. Cuando se desactiva debe encenderse una señal que indique si se apagó el sistema de control de estabilidad.

Las pruebas de los sistemas electrónicos de estabilidad se realizan bajo ciertas condiciones específicas, con el fin de reducir el número de variables en estudio. Entre las condiciones se pueden mencionar: la temperatura ambiente debe estar entre 7°C y 40°C, el camino debe tener una pendiente de 1% y un coeficiente de fricción en relación con el caucho de 0,9. Además, el tanque de gasolina de los vehículos debe estar cargado a un 75% de su capacidad y las llantas deben estar infladas a la presión recomendada, entre otras condiciones.

En las pruebas que se realizan para determinar si el sistema de control de estabilidad cumple con lo requerido en el FMVSS 126 se utiliza un vehículo de pruebas. Primero se conduce el vehículo tratando de imitar maniobras evasivas a una velocidad de 80km/h con el fin de determinar si el sistema cumple con los criterios de estabilidad y el criterio de respuesta. Luego, se verifica el buen funcionamiento de los indicadores del estado del sistema de estabilidad o en otras palabras, los indicadores de apagado o encendido del sistema y si se presenta alguna falla.

FMVSS 129 (Llantas no neumáticas nuevas para vehículos de pasajeros)

En este estándar se especifican las dimensiones y las pruebas de laboratorio de la resistencia lateral, la resistencia a la penetración, durabilidad y desempeño a altas velocidades. Además, se especifican los requerimientos de etiquetado de las llantas de repuesto no neumáticas de los vehículos de pasajeros.

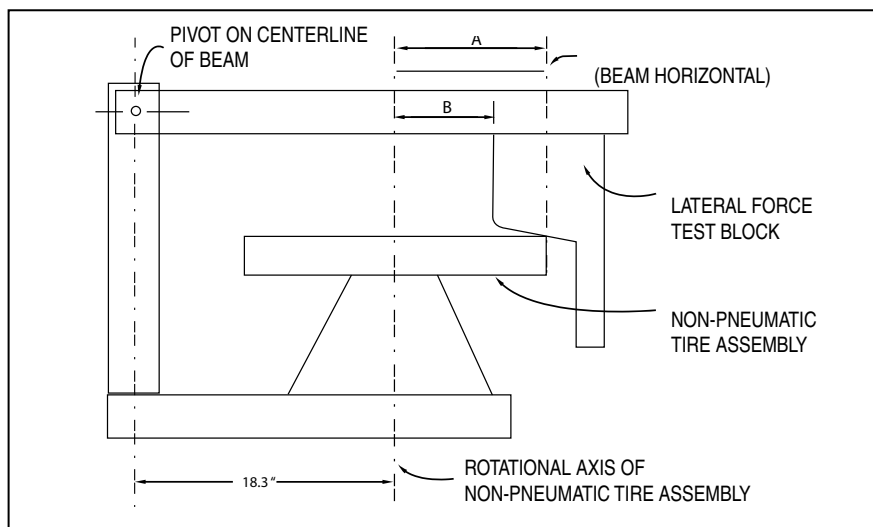
Resistencia lateral:

Esta prueba consiste en aplicar fuerza en las caras laterales de la llanta, a diferentes distancias del centro a una velocidad de 2 in/min [50.8 mm/min], como lo muestra en la Ilustración 2-17. Al finalizar la prueba la llanta no debe mostrar separación entre sus componentes, agrietamientos ni despedazamiento. En la Tabla 2-18 se muestran los valores de fuerzas laterales mínimas que deben soportar las llantas no neumáticas.

Tabla 2-18. Carga lateral mínima que deben soportar las llantas no neumáticas

Carga máxima vertical de la llanta (lb)	Fuerza (lb)	Fuerza (kN)
Carga menor a 800	1,500	6.67
Carga entre 800 y 1400	2,000	8.90
Carga de 1400 o más	2,500	11.12

Modificado del FMVSS 129, 2008.

Ilustración 2-17. Prueba de resistencia a las fuerzas laterales en llantas no neumáticas

En esta figura se muestra un esquema del proceso que se sigue a la hora de determinar la resistencia lateral de las llantas no neumáticas, en donde se aplica una fuerza lateral por medio de un peso en el extremo de la llanta. Obtenida del FMVSS 129, 2008.

Resistencia a la penetración:

Se trata de perforar la llanta intentando atravesarla desde la banda de rodadura con un punzón. Para que la llanta cumpla con lo establecido en el estándar, debe ser capaz de soportar la energía aplicada sobre el punzón, como lo muestra la Tabla 2-19. Además, al finalizar la prueba no debe haber separación entre los componentes de la llanta, agrietamiento ni despedazamiento.

Tabla 2-19. Energía mínima que deben soportar las llantas no neumáticas en una prueba de resistencia a la penetración

Carga máxima (lb)	Nivel de energía (lb in)	Nivel de energía (Jolues)
Carga menor a 800	1,950	220
Carga de 800 o más	2,600	294

Modificada del FMVSS 129, 2008.

Prueba de durabilidad:

Se presiona la llanta contra una rueda metálica y se le hace girar a una velocidad de 50 millas/h [80.5 km/h]. La prueba consta de tres etapas sin interrupción:

- Etapa 1: se aplica una carga con una magnitud de 85% de la carga máxima durante 4 horas.
- Etapa 2: se aplica una carga con una magnitud de 90% de la carga máxima durante 86 horas.
- Etapa 3: se aplica una carga con una magnitud de 100% de la carga máxima durante 24 horas.

Al finalizar la prueba el elemento central de la llanta no debe mostrar deformaciones permanentes o en el caso de que sea una llanta ensamblada al aro, el ensamble no debe quedar deformado permanentemente. Además, la llanta no debe presentar agrietamiento, despedazamiento ni separación entre sus partes.

Desempeño a altas velocidades:

Se presiona la llanta contra una rueda metálica aplicando una fuerza de 88% de la carga máxima. Primero se prueba la llanta durante 2 horas a 50 millas/h [80.5 km/h], luego 75 millas/h [120.1 km/h] durante 30 minutos, y por último, a 85 millas/h [136.8 km/h] durante 30 minutos. Después de realizada la prueba la llanta no debe mostrar agrietamiento, separación entre sus componentes ni despedazamiento. Además, el elemento central o el ensamble completo no deben mostrar deformaciones permanentes.

Por último, las llantas no neumáticas deben tener impreso el código de identificación, la carga máxima permitida, las especificaciones dimensionales y un diagrama de la parte de la llanta que se sujeta al aro, entre otras especificaciones.

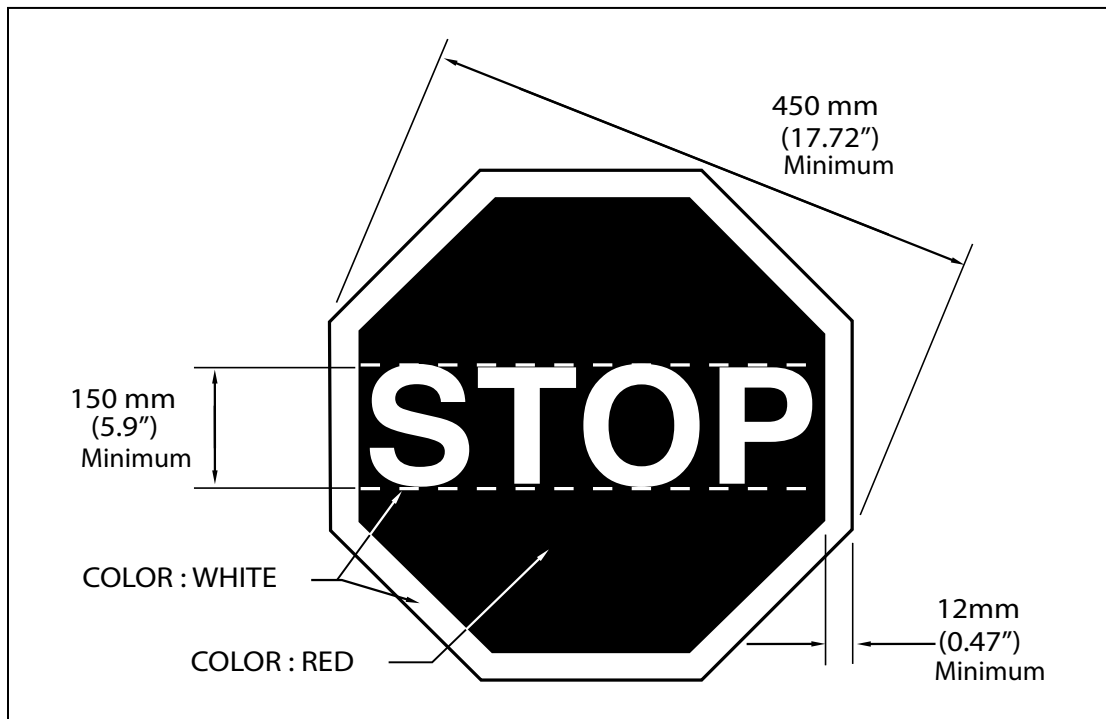
FMVSS 131 (Dispositivos de seguridad peatonal de los buses escolares)

El objetivo de este estándar es reducir la probabilidad de que los vehículos que circulan al lado de un bus escolar detenido atropellen a algún peatón, especificando los requerimientos para los dispositivos de seguridad adicionales que se agregan a los buses escolares.

Los buses escolares deben tener una señal de ALTO que se extiende cuando el bus se detiene a cargar o descargar personas. La señal de alto debe tener las dimensiones mostradas en la Ilustración 2-18. Entre las características que esta señal de tránsito debe presentar para que cumpla con lo requerido se encuentran las siguientes:

- La superficie de ambas caras debe ser reflectante. Pero si el vehículo tiene dos señales, la de atrás sólo debe tener la superficie posterior reflectante.
- La señal debe emitir luz directamente desde la superficie de las letras o desde el borde de cada letra, utilizando luz roja.
- Los dispositivos de sujeción no deben ser reflectantes y no deben oscurecer más de un 7.5% del total de la superficie de cada lado de la señal de ALTO.
- Debe tener dos luces, una en la parte superior y otra en la inferior, las cuales se encienden alternadamente.
- El brazo debe extenderse automáticamente y el control para la activación debe estar al alcance del chofer. Además, debe tener una señal sonora que se active mientras el brazo está extendido.
- El brazo debe quedar colocado a un ángulo de 90° con respecto a la pared del bus y el borde de la señal no debe quedar a más de 152.4 mm de la misma.
- Deben estar hechos de un material reflectorizado Tipo III.

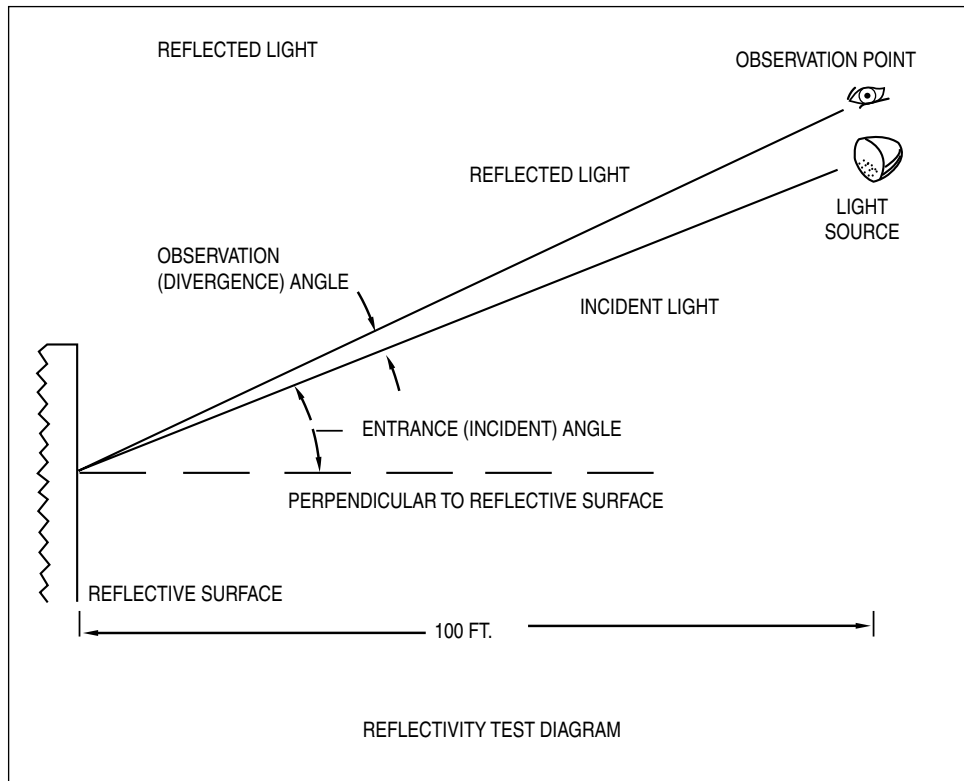
Ilustración 2-18. Señal de ALTO (STOP) de los buses escolares



En esta figura se muestran las características dimensionales de las señales de Alto de los buses escolares, las cuales tienen como objetivo advertir a los conductores de otros vehículos que los escolares se están bajando o están abordando el autobús. Obtenida del FMVSS 131, 2011.

Estos dispositivos de advertencia son sometidos a pruebas de reflectividad y a pruebas del sistema de iluminación.

Las pruebas de reflectividad se deben llevar a cabo de acuerdo con lo indicado en el FMVSS 125. Estas consisten en iluminar la señal con una lámpara de filamento de tungsteno operando a una temperatura de color de 2,856° Kelvin, ubicada a 100 ft [30.48 m] de la señal. El punto de observación se coloca directamente por encima de la fuente de luz (ver Ilustración 2-19) y luego se calcula el valor de la reflectividad, con el objetivo de verificar que cumplan con los valores mínimos indicados en la Tabla 2-20.

Ilustración 2-19. Medición de la reflectividad de las señales de advertencia

Obtenida del FMVSS 125, 2011.

Por su parte, el sistema de iluminación es sometido a pruebas de color y a pruebas de vibraciones, rocío, polvo, corrosión, fotometría y de distorsión.

La prueba de color se debe llevar a cabo de acuerdo con lo estipulado en la norma SAE J578. En la norma SAE J578 se indica que la prueba de color se puede realizar por medio de tres métodos:

1- Método visual:

Esta técnica consiste en comparar visualmente el color emitido por la señal con el color emitido por una combinación del filtro/fuente con coordenadas de cromaticidad conocidas. Además, el color de la combinación del filtro/fuente se determina espectrométricamente. Durante la prueba, el color de la luz emitido por la señal no debe ser más pálido, ni más amarillo ni más púrpura cuando se llevan a cabo las comparaciones visuales.

2- Método de tristímulos:

Consiste en calcular las coordenadas de cromaticidad con base en los valores de tristímulos estandarizados, medidos a partir de detectores de respuestas espectrales o se puede llevar a cabo utilizando colorímetros de tristímulos visuales. Las coordenadas cromáticas de los colores deben coincidir con las coordenadas indicadas en la Ilustración 2-20.

3- Método espectrométrico:

Este método consiste en determinar las coordenadas de cromaticidad a partir de la distribución de energía espectral de la señal de advertencia. Las coordenadas cromáticas de los colores deben coincidir con las coordenadas indicadas en la Ilustración 2-20.

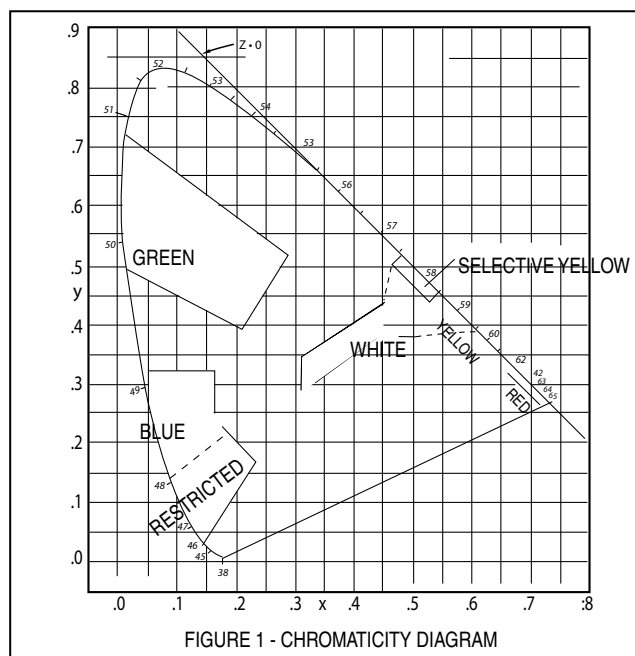
Tabla 2-20. Densidad específica mínima por unidad de área ($\text{cd}/[(\text{lm}/\text{ft}^2) \text{ft}^2]$)

Ángulo de observación (°)	Ángulo de entrada (°)	Blanco	Rojo
Material retrorreflexivo Tipo III			
A - Material retrorreflexivo			
0.2	-4	250	45
0.2	+30	150	25
0.5	-4	95	15
0.5	+30	65	10
B- Material retrorreflexivo de elementos prismáticos			
0.2	-4	250	45
0.2	+30	95	13.3
0.5	-4	200	28
0.5	+30	65	10

Obtenida del FMVSS 131, 2011.

Las pruebas de vibraciones, humedad, polvo, corrosión, fotometría y distorsión se deben llevar a cabo siguiendo los procedimientos indicados en la norma SAE J575. La prueba de vibración se realiza para determinar si la señal tiene suficiente capacidad para resistir los esfuerzos inducidos por las vibraciones, pero no evalúa la resistencia de los bombillos ni los componentes internos de las luces selladas. La prueba consiste en montar la señal en una máquina de vibraciones, que varía su frecuencia linealmente desde los 10 Hz hasta los 55 Hz y regresa a 10 HZ, en periodos de dos minutos de duración y una amplitud de pico a pico de 1 mm. Las vibraciones se producen sobre el eje vertical de la señal, en la misma posición en que iría montada en el vehículo y el ensayo se realiza durante una hora. Al final de la prueba no se deben observar rotaciones, desplazamientos, grietas o ruptura de las partes de la señal, incluyendo los elementos de sujeción.

Ilustración 2-20. Diagrama de cromaticidad



Obtenida de la norma SAE J578, 1995. Reimpreso con permiso de SAE International.

La prueba de rocío se lleva a cabo para determinar si el elemento resiste el goteo y en el caso de que la señal cuente con agujeros u otro tipo de sistema de drenaje, evalúa la capacidad de drenar la humedad. Para ello se puede hacer la prueba de dos maneras:

1. Rociado de agua:

Se coloca la señal dentro de una cámara de rocío en donde se le humedece rociándola con agua a una razón de 2.5 mm/min, mientras rota sobre su eje vertical a una velocidad de 4 rpm. La prueba se realiza durante 12 horas.

Luego se detiene la máquina y se deja que la señal drene la humedad durante una hora. Después se determina el volumen de agua acumulada, cuyo valor permisible depende del volumen interno de la señal, como lo indica la Tabla 2-21.

Tabla 2-21. Volumen de agua acumulada permisible en las señales de ALTO de los buses escolares

Volumen	Volumen permisible de agua acumulada
$V \geq 7,000 \text{ mL}$	$V \leq 2 \text{ mL}$
$V < 7,000 \text{ mL}$	0.03% del volumen interior de la señal

Elaboración propia con base en la norma SAE JS75, 1988

2- Inmersión en agua:

Este procedimiento solo aplica a las señales que no poseen orificios de drenaje o sistemas similares. En el ensayo se sumerge la señal dentro de agua a una profundidad de 105 – 175 mm y a una temperatura de 5°C durante una hora. Al finalizar la prueba el volumen acumulado de agua debe ser menor o igual a 1 mL.

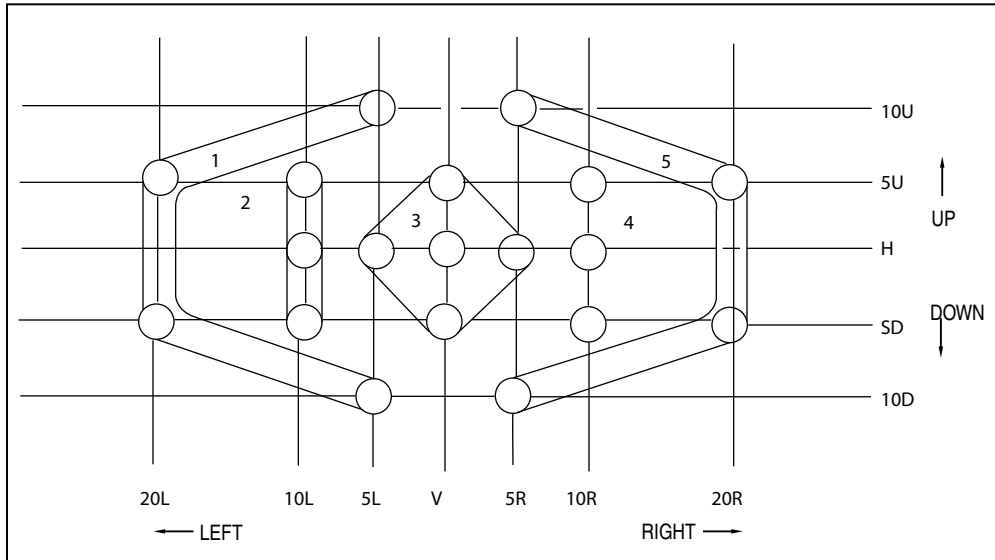
La prueba del polvo se realiza para evaluar la capacidad de la señal de resistir la penetración del polvo que podría afectar su desempeño fotométrico. La prueba consiste en colocar la señal en una cámara en la que, haciendo uso de compresores de aire, se agita el polvo a intervalos de 2 – 15 segundos durante 5 horas. Luego se limpia el espécimen. Al finalizar la prueba la señal no debe tener polvo en la superficie interior, pero si lo hubiera, su tasa de intensidades luminosas máximas no debe ser menor a 0.9.

La prueba de corrosión se realiza para determinar si la señal puede resistir a la corrosión que podría afectar su funcionamiento. Para ello se coloca la señal en una cámara que permite cubrirla con una niebla salina durante 48 horas. Luego se deja secar la señal por una hora y se revisa para verificar que no haya corrosión que pueda afectar las pruebas de fotometría.

La prueba de fotometría se realiza para medir las intensidades luminosas de las luces de las señales de ALTO de los buses escolares. Esta prueba se lleva a cabo de acuerdo a la norma SAE J1133, en donde se indican los puntos de medición y los requerimientos fotométricos, usando para ello un instrumento conocido como fotómetro.

En la prueba, se utiliza una pantalla de medición que tiene indicado el patrón de puntos de medición mostrado en la Ilustración 2-22. La pantalla va colocada a 3 metros de distancia de la luz, procurando que el eje H-V sea paralelo al eje longitudinal del vehículo. De acuerdo con lo indicado en la norma SAE J1133, en cada uno de los puntos de la pantalla de medición se le asignan requerimientos fotométricos mínimos basados en la intensidad luminosa (medida en candelas o cd); por ejemplo, en el punto HV se deben contar con al menos 380 cd, mientras que en el punto 10U-5R la intensidad luminosa debe ser de al menos 52 cd. Además, en ningún punto individual se debe pasar una intensidad luminosa máxima de 300 cd.

Ilustración 2-21. Puntos de medición del desempeño fotométrico de las señales de ALTO de los buses escolares



Obtenida de la norma SAE J1133, 1984. Reimpresa con permiso de SAE International.

Por último, la prueba de la distorsión se lleva a cabo para estudiar la resistencia de los componentes plásticos de las señales de ALTO de los buses escolares, a ser dañados por exposición al ambiente y al calentamiento causado por una fuente de iluminación. Para ello se coloca el espécimen en una cámara de pruebas en donde se le calienta haciendo circular aire a temperaturas de entre 46°C - 49° C, durante una hora. Al finalizar la prueba no debe haber distorsiones en los componentes plásticos que puedan inducir el fallo de las otras pruebas mencionadas.

FMVSS 135 (Sistemas de frenos de los vehículos ligeros)

Este estándar especifica los requerimientos de los frenos de servicio y los frenos de parqueo, con el objetivo de asegurar el desempeño seguro de los frenos ante condiciones de frenado normales y de emergencia. Aplica a vehículos de 3.5 toneladas o menos.

Los vehículos livianos deben poseer un sistema de frenos de servicio que actúe en todas las ruedas. Este sistema debe poseer a su vez, un ajustador de los frenos para compensar su desgaste y un indicador del desgaste de los frenos. Los frenos deben ser activados por medio de un pedal y en el caso de que el vehículo tenga frenos ABS, debe poseer un control para poder desactivarlos parcial o completamente

si el conductor lo desea. El sistema de frenos también debe poseer un reservorio de líquido de frenos, conectado al cilindro principal, el cual debe permitir ver el nivel del líquido de freno sin necesidad de tener que abrir el reservorio.

Los vehículos eléctricos pueden poseer sistemas de frenado regenerativo, los cuales se encargan de recuperar parte de la energía que se pierde durante el frenado y la utiliza para recargar la batería. Los sistemas de frenado regenerativos son considerados parte del sistema de frenos de servicio si no pueden ser desactivados por los conductores y si se activa automáticamente cuando se presiona el pedal del freno, funcionando en cualquiera de las marchas del vehículo. En tales casos, el sistema de frenos ABS debe controlar el sistema de frenos regenerativo para que cumpla con lo requerido por este estándar.

Los vehículos deben poseer un indicador del estado del sistema de frenos, de manera que permitan al conductor percatarse de alguna falla que pueda presentarse, como por ejemplo la pérdida de la presión del sistema. Esta advertencia debe permanecer encendida hasta que el problema sea corregido.

Para determinar que los sistemas de frenos actúan según los requerimientos, se realizan la siguiente serie de pruebas bajo ciertas condiciones especiales, como por ejemplo: en todas las pruebas el coeficiente de fricción pico entre la calzada y los neumáticos debe ser de 0,9. Las pruebas a las que se someten los sistemas de freno son las siguientes: secuencia de bloqueo de las ruedas, utilización de la adherencia, efectividad de frenado en frío, efectividad a altas velocidades, frenado con el motor apagado, fallo funcional del sistema antibloqueo, fallo del sistema de graduación de los frenos variables, fallo en las líneas hidráulicas, desactivación de la unidad de suministro de energía, desempeño del freno de parqueo, desempeño con los frenos calientes y prueba de recuperación de la capacidad de frenado.

No obstante, antes de explicar las pruebas y los requerimientos, se deben dar a conocer las definiciones de los términos de tasa de frenado y adherencia.

La tasa de frenado (z) se refiere a la razón entre las fuerzas de frenado aplicadas en los ejes (T_1 y T_2) y el peso total del vehículo (P). Por lo tanto, la tasa de frenado se calcula como se muestra a continuación.

$$z = \frac{T_1 + T_2}{P} \quad (I)$$

La adherencia se refiere a la capacidad que posee el vehículo de mantener las ruedas en contacto con la calzada. La adherencia se calcula para las ruedas de cada uno de los ejes de la siguiente manera:

$$f_1 = \frac{T_1}{P_1 + z \cdot h \cdot P / E} \quad (II)$$

$$f_2 = \frac{T_2}{P_2 - z \cdot h \cdot P / E} \quad (III)$$

donde f_1 y f_2 se refieren a la adherencia en cada uno de los ejes, P_1 y P_2 es el peso muerto en cada uno de los ejes, h es la altura del centro de gravedad del vehículo y E es la distancia que existen entre el centro del eje delantero y el eje trasero.

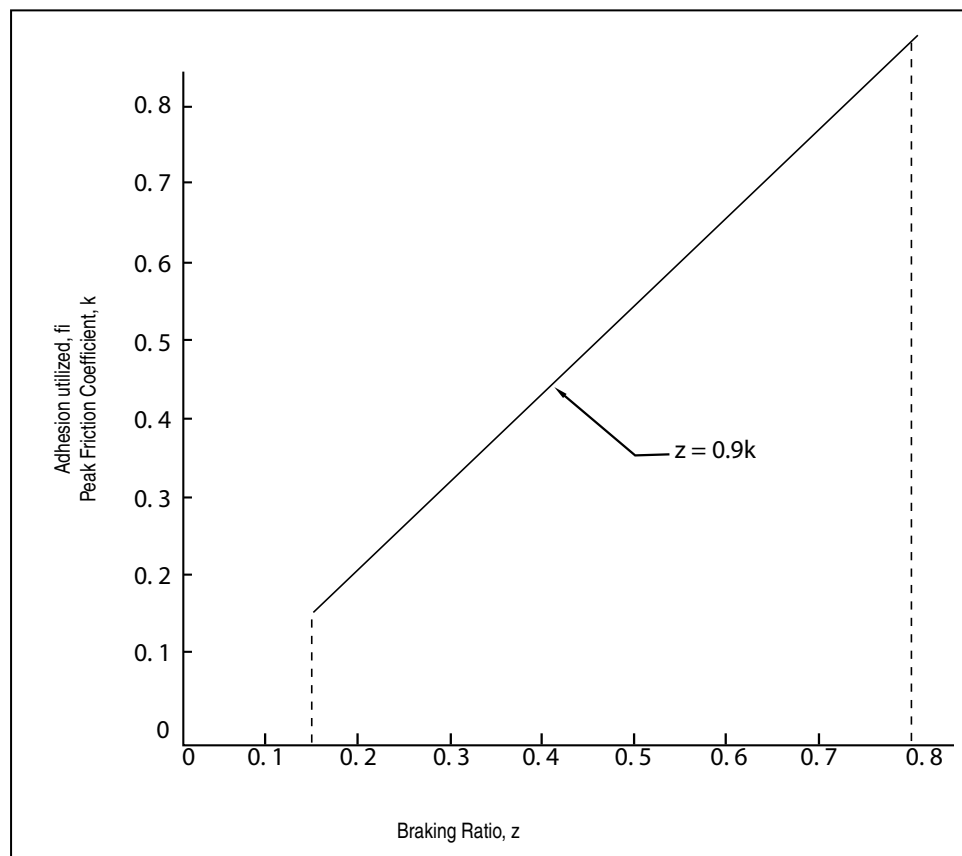
Prueba de la secuencia del bloqueo de las ruedas:

Esta prueba se realiza en vehículos sin sistemas de frenos ABS, se hace con el fin verificar si las ruedas del eje delantero se bloquean después de o simultáneamente con las ruedas del eje trasero, a tasas de frenado que pueden variar entre de 0,15 y 0,8, para lo cual se prueban los frenos con el vehículo descargado y con el vehículo cargado con el peso máximo permitido. Si las ruedas del eje trasero se bloquean después de las ruedas del eje delantero, se debe realizar una prueba de torque para determinar si el sistema de frenos satisface los requerimientos de frenado.

Utilización de la adherencia (método del torque en las ruedas):

Esta prueba consiste en trazar la curva de utilización de la adherencia para el sistema de frenos de un vehículo con el fin de compararla con la curva admisible. Para encontrar los valores de la curva se utilizan las ecuaciones (I), (II) y (III), para lo cual se debe estudiar el comportamiento del frenado del vehículo sin carga y con la carga máxima permisible, a velocidades de 100 km/h y 50 km/h. La curva de utilización de la adherencia debe estar debajo de la curva mostrada en la Ilustración 2-22 o de lo contrario el sistema de frenos no satisfará los requerimientos.

Ilustración 2-22. Curva admisible de aprovechamiento de la adherencia



Para que el sistema de frenos de un vehículo liviano cumpla con lo requerido por el FMVSS 135, la curva de la utilización de adherencia, definida como el coeficiente de fricción pico (k) vs la tasa de frenado (z), debe estar por debajo de la línea mostrada en esta figura. Obtenida del FMVSS 135, 2008.

Efectividad de frenado en frío:

Para esta prueba se requiere que la temperatura inicial de los frenos esté entre 65°C y 100°C y consiste en corroborar que la distancia de frenado esté dentro del rango permitido, el cual debe ser menor a 70 m si el vehículo está viajando a 100 km/h o si se usa una velocidad menor, la velocidad de frenado (S) debe ser tal que satisfaga la siguiente ecuación:

$$S \leq 0.10 \cdot V + 0.0060 \cdot V^2 \quad (IV)$$

Efectividad a altas velocidades:

Esta prueba se realiza en vehículos cuya velocidad máxima es mayor a 125 km/h. En este caso se hace viajar el vehículo al 80% de la velocidad máxima si ésta es mayor a 125 km/h y menor a 200 km/h o a 160 km/h si su velocidad máxima es menor o igual a 200 km/h. De esta manera los sistemas de frenos deben ser capaces de detener los vehículos en una distancia de frenado (S) menor o igual a la obtenida en la ecuación mostrada abajo.

$$S \leq 0.10 \cdot V + 0.0067 \cdot V^2 \quad (V)$$

Prueba de frenado con el motor apagado:

Esta prueba se realiza en los vehículos que poseen elementos que sirven para reducir la fuerza que el conductor debe utilizar para detener el vehículo y para vehículos eléctricos. Se acelera el vehículo hasta alcanzar los 100 km/h, se pone la marcha en neutro y se apaga el motor. El vehículo debe ser detenido en una distancia menor o igual a 70 m. En el caso de que se utilicen velocidades menores, la distancia de frenado debe ser menor o igual a la indicada en la ecuación (IV).

Fallo funcional del sistema antibloqueo:

En el caso de que el vehículo posea sistemas de frenos antibloqueo, se simula una falla en el sistema para determinar si se enciende la señal que advierte al conductor acerca del defecto. En estos casos, si se presenta alguna falla en el sistema, el sistema de frenos debe ser capaz de cumplir su función, para lo cual se realiza una prueba de distancia de frenado en la cual un vehículo que viaja a 100 km/h debe detenerse en una distancia menor o igual a 85 m, o si el vehículo viaja a una velocidad menor, debe poder detenerse en la distancia menor o igual a la que resulta de la ecuación (VI).

$$S \leq 0.10 \cdot V + 0.0075 \cdot V^2 \quad (VI)$$

Fallo en el sistema de graduación de frenos variables:

Un sistema de graduación de frenos variables es un sistema que modifica la razón de frenado entre dos o más ruedas, dependiendo de las variaciones en la distribución de las cargas en las ruedas a causa de cambios en las cargas muertas, las cargas dinámicas o desaceleración del vehículo. En el caso de que este tipo de sistemas falle, el sistema de frenos debe poder parar el vehículo en una distancia menor o igual a 110 m cuando la velocidad inicial es de 100 km/h. En el caso de que se utilice una velocidad menor, el sistema de frenos debe poder para el vehículo en una distancia menor o igual a la que resulta de evaluar la ecuación (VII).

$$S \leq 0.10 \cdot V + 0.0100 \cdot V^2 \quad (\text{VII})$$

Fallo en las líneas hidráulicas:

En esta prueba se simulan fallas tales como: fugas de aceite, ruptura de algún componente, entre otras, que activen la señal de advertencia. En estos casos el sistema de frenos debe ser capaz de detener el vehículo en una distancia menor o igual a 168 m cuando su velocidad inicial es de 100 km/h. Si se utiliza una velocidad menor, se debe calcular la distancia de frenado permisible por medio de la ecuación (VIII).

$$S \leq 0.10 \cdot V + 0.0158 \cdot V^2 \quad (\text{VIII})$$

Desactivación de la unidad de suministro de energía:

Las unidades de suministro de energía de los frenos son dispositivos que proveen la energía necesaria para operarlos. Si la unidad de suministro de energía se desactiva, el sistema de frenos debe tener la capacidad de parar el vehículo en una distancia menor o igual a 168 m cuando viaja inicialmente a 100 km/h. Si se utiliza una velocidad menor, se debe calcular la distancia de frenado límite por medio de la ecuación (VIII).

Prueba de desempeño del freno de parqueo:

El freno de parqueo debe mantener estático el vehículo como mínimo durante 5 minutos, cuando el vehículo se encuentra en una pendiente de 20%.

Desempeño del sistema de frenado cuando los frenos están calientes:

Primero se calientan los frenos aplicando desaceleraciones recurrentes, sin detener el vehículo. Cuando los frenos están calientes se realiza una prueba de distancia de frenado en la cual el vehículo debe detenerse a una distancia menor o igual al 60% de la desaceleración alcanzada en

la prueba del desempeño de los frenos en frío, cuya distancia de frenado se calcula utilizando la ecuación (IX) (donde d_c es la desaceleración y V la velocidad utilizadas en la prueba de frenado en frío). Además, en al menos una de las dos veces que se prueban los frenos en caliente, la distancia de frenado de un vehículo que viaja a 100 km/h debe ser menor o igual a 89 m o si se usa una velocidad menor, la distancia de frenado debe satisfacer el resultado de la ecuación (X).

$$S = 0.10 \cdot V + \frac{0.0386 \cdot V^2}{0.60 \cdot d_c} \quad (\text{IX})$$

$$S \leq 0.10 \cdot V + 0.079 \cdot V^2 \quad (\text{X})$$

Prueba de la recuperación de la capacidad de frenado:

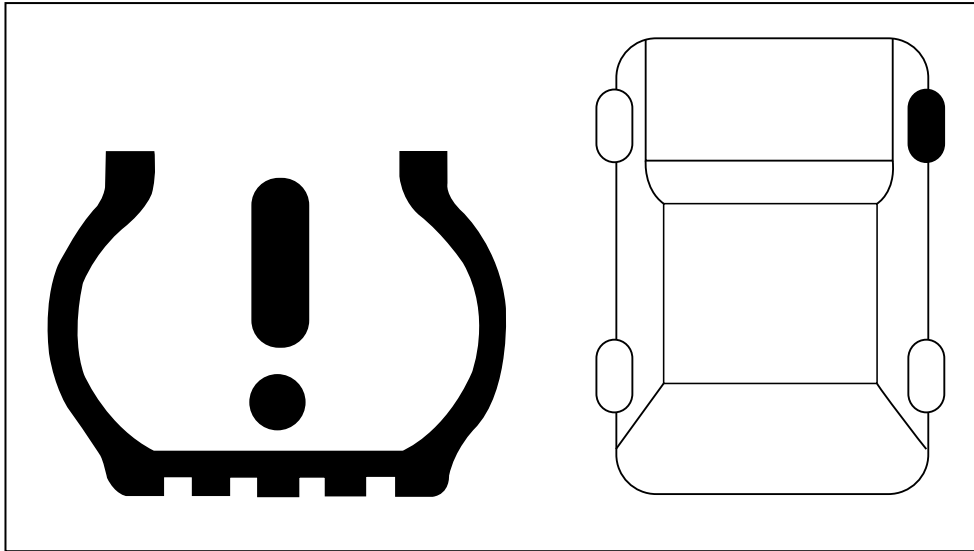
Una vez realizada la prueba de frenado con los frenos calientes, se realiza una serie de frenados de forma que permitan enfriar los frenos. Posteriormente se realizan dos pruebas de frenado de las cuales en al menos una, la distancia de frenado debe estar dentro de los límites establecidos en la ecuación (XI), en la cual d_c y V son la desaceleración y la velocidad utilizadas en la prueba de frenado en frío.

$$\frac{0.0386 \cdot V^2}{0.150 \cdot d_c} \leq S - 0.10 V \leq \frac{0.0386 \cdot V^2}{0.70 \cdot d_c} \quad (\text{XI})$$

FMVSS 138 (Sistemas de monitoreo de la presión de las llantas)

Este estándar especifica los requerimientos del desempeño de los sistemas de monitoreo de presión de los neumáticos, para los vehículos de 4.5 toneladas o menos que poseen neumáticos duales en alguno de sus ejes.

Los sistemas de monitoreo de presión de los neumáticos deben encender una alerta visible, cuya simbología se muestra en la Ilustración 2-23, no más de 20 minutos después de que la presión cayó un 25% de la presión máxima de inflado de los neumáticos. Además, el vehículo debe poseer un sistema que avise al conductor en caso de que el sistema de monitoreo de presión de los neumáticos presente alguna falla.

Ilustración 2-23. Símbolos usados en el sistema de monitoreo de presión

En esta figura se muestran los símbolos utilizados en los sistemas de monitoreo de la presión de las llantas para indicar cuando alguna llanta tiene la presión baja. Modificada de Laboratory test procedure for FMVSS 138: Tire Pressure Monitoring Systems, por DOT-NHTSA, 2007, p.32.

Estos sistemas son sometidos a ciertas pruebas para comprobar su funcionamiento. Primero se inflan las llantas a la presión de trabajo recomendada y se enciende el vehículo para determinar si se enciende el indicador de la señal de advertencia, a causa del chequeo de funcionamiento de la luz que realiza el vehículo al encenderse la señal que debe apagarse cierto tiempo después de haber encendido el vehículo.

Luego se conduce el vehículo durante 20 minutos y se desinflan las llantas hasta que ellas pierdan 7 kPa. Posteriormente se conduce el vehículo durante 20 minutos más y si no se enciende el indicador de la baja presión de las llantas se suspende la prueba.

Si el indicador se encendió, se debe apagar el vehículo y volverlo a encender 5 minutos después.

La señal de presión baja en las llantas debe encenderse y permanecer prendida. Después se inflan las llantas nuevamente y se corrobora que el sistema no indique que la presión estaba baja.

También se realiza una prueba de falla del sistema de medición de la presión de las llantas, para lo cual se desconecta la fuente de energía del sistema de medición. Luego se conduce el vehículo durante 20 minutos con el fin de corroborar que se active el indicador de falla del sistema de medición de presión. Después se vuelve a conectar la fuente de alimentación de energía y se corrobora que no aparezca la señal.

FMVSS 139 (Llantas radiales nuevas de vehículos livianos)

En este estándar se especifican las dimensiones, requerimientos y las cargas máximas permisibles para las llantas radiales de vehículos de 4,5 toneladas o menos.

Para poder cumplir con los requerimientos del estándar, las llantas radiales son sometidas a los siguientes tipos de pruebas:

Corroboración de las dimensiones:

Se corrobora que el diámetro de la llanta concuerde con la información del tamaño. Luego se mide su ancho, el cual no debe ser mayor en un 7% o 10 mm del ancho nominal.

Desempeño a altas velocidades: se coloca la llanta sobre un rodillo y se le hace girar a velocidades de 140, 150 y 160 km/h aplicando el 85% de la carga vertical máxima. Al final de la prueba la llanta no debe mostrar separación de ninguno de sus componentes, cuerdas rotas, agrietamientos, ni despedazamiento; además, 15 o 25 minutos después de haberla terminado, la presión no debe ser menor al 95% de la presión de prueba.

Durabilidad de la llanta:

Se presiona la llanta sobre un rodillo y se le hace girar a velocidades no menores a 120 km/h. La carga sobre la llanta se va incrementando por periodos de tiempo, de forma que al cabo de 24 horas la carga aplicada debe ser igual a su carga máxima. Una vez terminada la prueba, la llanta no debe mostrar separación de ninguno de sus componentes, cuerdas rotas, agrietamientos, ni despedazamiento; además, 15 o 25 minutos después de haberla terminado, la presión no debe ser menor al 95% de la presión de prueba.

Desempeño cuando los neumáticos están inflados a baja presión:

Se desinflan las llantas a las presiones indicadas en la Tabla 2-22 y se les hace girar a una velocidad de 120 km/h durante 90 minutos aplicando la carga máxima. Luego se revisan las llantas para comprobar que no se haya producido separación de ninguno de sus componentes, rotura de cuerdas, agrietamientos, ni despedazamiento. También se verifica que la presión no sea menor al 95% de la presión de prueba 15 o 25 minutos después de haberla terminado.

Resistencia a la penetración de la llanta:

Las llantas radiales deben satisfacer los requerimientos de resistencia impuestos a las llantas convencionales indicados en el FMVSS 109 o el FMVSS 119 para el caso de los camiones ligeros.

Resistencia de la carcasa de las llantas radiales sin cámara:

Estas llantas deben satisfacer los requerimientos de resistencia de la carcasa especificados en el FVMSS-109, utilizando las presiones de prueba indicadas en la Tabla 2-22.

Tabla 2-22. Presiones de inflado de las llantas radiales, en KPa, para diferentes tipos de pruebas

Tipo de vehículo	Aplicación del neumático	Prueba		
		Desempeño a altas velocidades	Durabilidad	Baja presión
Vehículos de pasajeros	Estándar	220	180	140
	Carga extra	260	220	160
	Rango C	320	360	200
	Rango D	140	340	260
	Rango E	500	410	320
Camiones ligeros	Rango C	230	190	150
	Rango D	320	260	200
	Rango E	410	340	260

Modificada del FMVSS 139, 2011.

Las llantas radiales deben poseer seis indicadores de desgaste para que los usuarios puedan identificar fácilmente cuándo deben reemplazarlos. Además, deben tener impresa la siguiente información: número de identificación, nombre del fabricante, la presión máxima y la carga máxima, entre otras especificaciones.

FMVSS 201 (Protección de los ocupantes contra impactos en el interior del vehículo)

En este estándar se dan los requerimientos para proveer protección a los ocupantes de los vehículos ante impactos interiores. Aplica a vehículos de 4.5 toneladas o menos, pero no aplica para buses con un peso máximo de 3.86 toneladas.

En los accidentes automovilísticos los ocupantes de los vehículos pueden sufrir lesiones en la cabeza debido a que pueden impactar en alguna parte de la cabina. Se han desarrollado diseños de los interiores de las cabinas y nuevos materiales que buscan reducir la severidad de esas lesiones, pero para determinar si cumplen con el estándar se utiliza como parámetro el criterio de lesión en la cabeza (HIC por sus siglas en inglés). El HIC se obtiene al estudiar el impacto que recibe un objeto con forma de una cabeza humana y se determina por medio de la ecuación (XII), en la cual a es la aceleración de la cabeza, y t^1 y t^2 son dos instantes de tiempo distintos durante el impacto, cuya diferencia es de 36 ms.

$$HIC = \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \frac{(t_2)}{(t_1)} a \cdot dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \quad (XII)$$

El HIC se utiliza cuando el objeto en forma de cabeza pertenece a un maniquí antropomórfico (ver Ilustración 2-24), no obstante, la prueba también puede realizarse utilizando una cabeza con movimiento libre (ver Ilustración 2-25), en cuyo caso se utiliza el HIC(d) para determinar el daño causado, el cual se calcula por medio de la ecuación (XIII). Para que los interiores de la cabina cumplan con el FMVSS 201, el HIC(d) debe ser inferior a 1,000.

$$\text{HIC(d)} = 0.75446 \cdot \text{HIC} + 166.4 \quad (\text{XIII})$$

Ilustración 2-24. Maniquí antropomórfico para pruebas de colisiones de vehículos



En esta figura se muestra un maniquí antropomórfico especialmente diseñado para llevar a cabo las pruebas de impacto. Nótese que él se coloca en el vehículo en la posición de conducción y que posee sensores en la cabeza que se utilizan para obtener el HIC. Cortesía de Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, Virginia USA. www.iihs.org

Ilustración 2-25. Prueba de choque de cabeza con movimiento libre



En esta figura se muestra una cabeza con movimiento libre. Este tipo de cabeza se dispara dentro del vehículo para medir el HIC que se produciría en el caso de que una cabeza real colisione con los interiores del mismo. Cortesía de ARIES Ingeniería y Sistemas S.A.

Por lo tanto, para estudiar si el interior de los vehículos ofrece suficiente protección se llevan a cabo diversas pruebas. Primero se estudia la resistencia del mecanismo de las puertas de los compartimientos interiores, luego se realiza una prueba de choque lateral contra un poste rígido, se estudia la severidad del impacto en la cabeza en diversas partes del vehículo y se estudia el contacto de esta con los bordes rígidos con radios de curvatura de ciertos elementos.

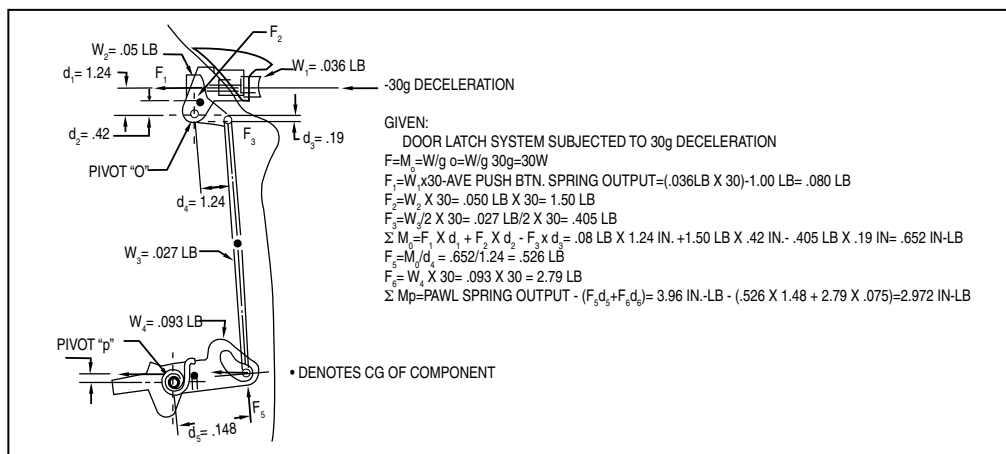
Resistencia del mecanismo de las puertas de los compartimientos interiores:

Las puertas de los compartimientos interiores deben permanecer cerradas después de que se llevan a cabo las pruebas a y b, o a y c:

- Se somete el sistema de cierre de la puerta del compartimiento interior a una carga inercia de 10 G que se aplica en una dirección horizontal transversal y en una dirección vertical.
- Se impacta el vehículo perpendicularmente contra una barrera fija a 48 km/h.
- Se somete el sistema de cierre de la puerta del compartimiento interior a una carga inercia de 30 G que se aplica en una dirección longitudinal.

De acuerdo con la norma SAE J839B, debido a que la realización de pruebas de laboratorio para calcular la resistencia a las cargas inerciales, es aceptable realizar cálculos matemáticos para estimarla. En la Ilustración 2-26 se muestra un ejemplo de tales cálculos.

Ilustración 2-26. Ejemplo del cálculo de la resistencia a cargas inerciales aplicadas sobre el sistema de cierre de una puerta



Obtenida de la norma SAE J839B, 1965. Reimpreso con permiso de SAE International.

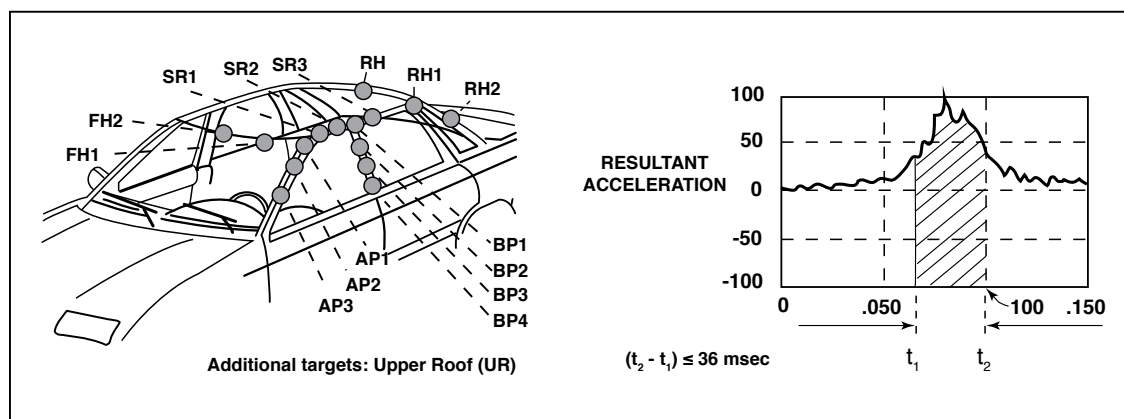
Prueba de choque lateral contra un poste rígido:

Para determinar si el vehículo ofrece una adecuada protección ante este tipo de impactos, se utiliza el maniquí antropomórfico para medir el grado de daño en la cabeza. En esa prueba se coloca un poste metálico fijo de 254 mm de diámetro y se colisiona el vehículo lateralmente contra él a una velocidad que ronda entre los 24 km/h y los 29 km/h. Cabe destacar que para esta prueba el vehículo debe ser cargado con 136 kg más el peso del maniquí.

Severidad del impacto de la cabeza en diversas partes del vehículo:

Para medir la severidad del impacto de la cabeza en diversas partes del vehículo se utiliza como instrumento una horma de cabeza. Entre las partes que se evalúan de esta manera se tiene el panel de instrumentos, respaldares de las sillas y diversos puntos de los pilares del vehículo (ver Ilustración 2-27). El objetivo de esas pruebas es verificar que el $HIC(d)_{2.5}$ es menor a 1,000 cuando la horma de cabeza impacta tales áreas del vehículo a una velocidad de 24 km/h.

Ilustración 2-27. Puntos de estudio del HIC(d) dentro de la cabina de un vehículo



En esta figura se muestran diversos puntos de prueba de estudio dentro de un vehículo, en los que se llevan a cabo las mediciones de los intervalos de aceleración para calcular el HIC(d) de acuerdo al FMVSS 201. De "Modeling and testing of energy absorbing lightweight materials and structures for automotive applications," por Frengem, Mkrtchyan, Huber y Maier, 2005. Reproducida con permiso de los autores.

Estudio del contacto con el radio de curvatura de los bordes rígidos de ciertos elementos:

Si los bordes rígidos de ciertos elementos pueden ser contactados por una cabeza, tales bordes no deben tener un radio de curvatura mayor a 32 mm, como lo es el caso de las viseras. Para determinar que efectivamente tales bordes no pueden ser contactados por la cabeza se coloca una esfera de 165 mm de diámetro, que permite determinar si pueden o no hacer un contacto peligroso. Además, las viseras deben estar hechas o cubiertas con materiales que absorben energía y los vehículos deben poseer dos, una para cada ocupante que se sienta en los asientos delanteros.

Por último, los apoyabrazos también deben estar hechos de materiales que absorben energía y deben flexionarse o colapsar lateralmente por lo menos 50 mm sin permitir el contacto con

ningún tipo de material rígido que esté debajo del material absorbente de energía o tener una capa de material que absorba energía de no menos de 50 mm de espesor, si está en el área de impacto de la zona pélvica, entre otras consideraciones.

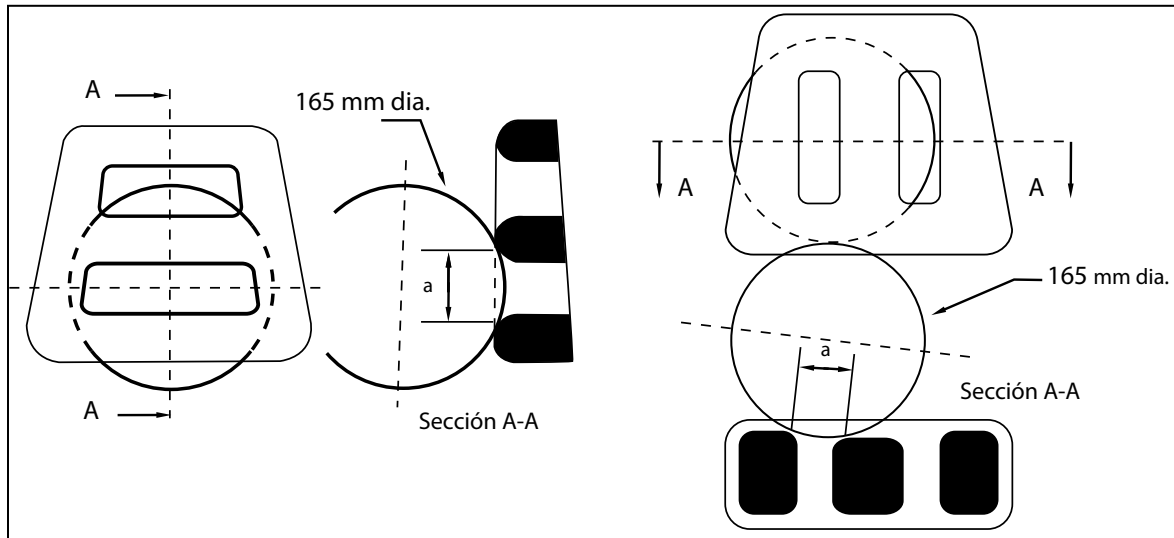
FMVSS 202a (Cabeceras)

En este estándar se dan las especificaciones para las cabeceras, cuyo fin es reducir la severidad de las lesiones en el cuello. Aplica para los vehículos de pasajeros de 4.5 toneladas o menos.

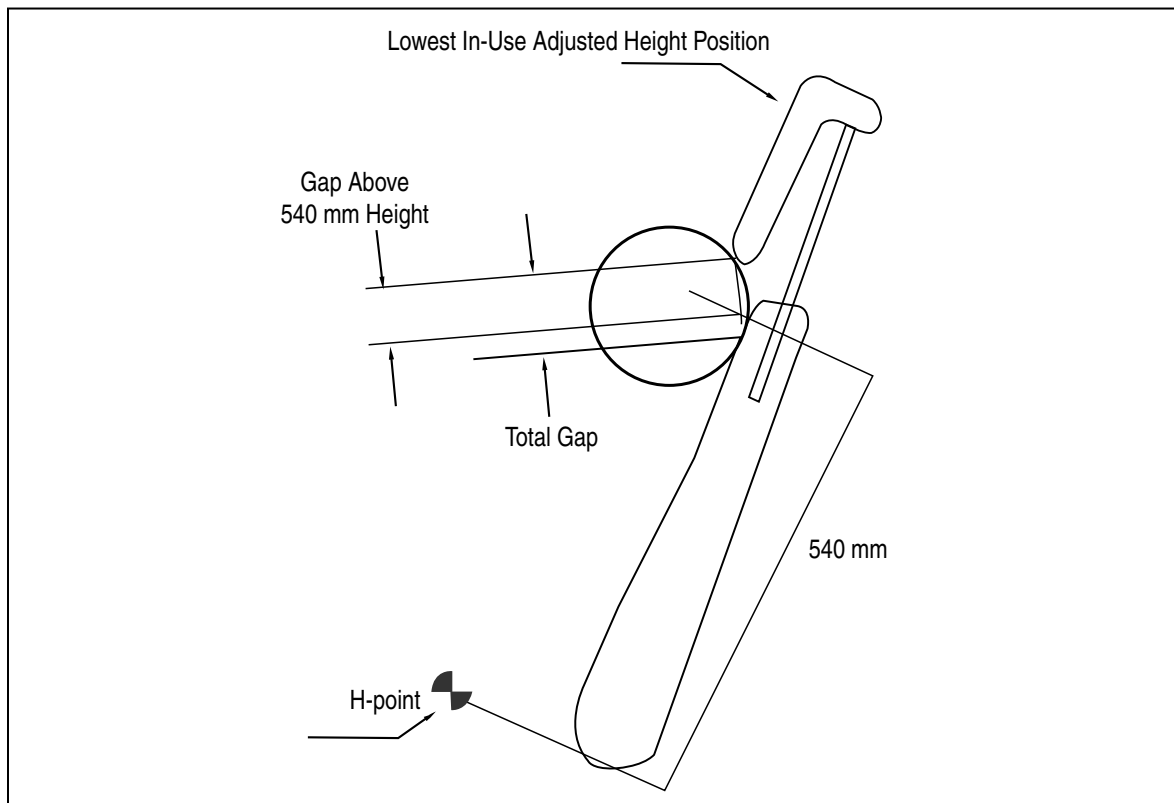
Requerimientos dimensionales:

Las cabeceras deben satisfacer ciertos requerimientos dimensionales para que cumplan con lo especificado en este estándar. Para medirlos se debe utilizar un maniquí especialmente diseñado para ubicar el punto H (ver Ilustración 2-30), punto que indica la ubicación de la cadera con respecto al asiento y determinar a partir de él las características de las sillas, entre otras funciones. También, para otras mediciones se utiliza un maniquí Hybrid III que representa el percentil 50 de los hombres adultos. Entre los requerimientos dimensionales se tienen los siguientes:

- La cabecera debe tener una altura no menor a 800 mm en alguna de las posiciones de ajuste. Existen algunas excepciones a esta regla, las cuales dependen de la distancia existente entre el techo y la cabecera.
- Las cabeceras deben tener un ancho no menor a 170 mm, excepto en los asientos delanteros de los vehículos que poseen un asiento central, en cuyos casos el ancho debe ser de 254 mm o mayor.
- La distancia entre la parte de atrás de la cabeza de un maniquí Hybrid III y cabecera no debe ser mayor a 50 mm, cuando el asiento está colocado a la posición más cercana a la posición de diseño utilizada por el fabricante.
- Las aberturas (representadas con la letra "a" en la Ilustración 2-28) de la cabecera no deben ser mayores a 60 mm cuando se miden utilizando una esfera de 165 mm de diámetro. Además, la separación entre la cabecera y el asiento, cuando la cabecera está colocada en la posición más baja, no puede ser mayor a 25 mm, lo que se determina utilizando un cilindro de 25 mm de diámetro para medirla, como lo muestra la Ilustración 2-29.

Ilustración 2-28. Medición de las separaciones de la cabecera

En esta figura se muestra cómo se utiliza una esfera con un tamaño específico para llevar a cabo la corroboración de la longitud de las separaciones hechas en el diseño de las cabeceras (indicadas con la letra a). Modificada del FMVSS 202a, 2009.

Ilustración 2-29. Medición de la separación entre la cabecera y el asiento

En esta figura se muestra cómo se utiliza un cilindro de un tamaño específico para determinar si la distancia entre la cabecera y el respaldo del asiento cumple con lo requerido. Obtenida del FMVSS 202a, 2009.

Además, las cabeceras son sometidas a diversas pruebas para evaluar su desempeño. A continuación se resumen tales pruebas.

Prueba de absorción de energía:

En esta prueba se hace viajar una cabeza de prueba, con una masa aproximadamente de 6.8 kg, una distancia de 25 mm antes de impactar la cabecera. Para aprobar el estándar de desempeño, la cabecera debe ser capaz de desacelerar a una razón menor o igual a 785 m/s^2 (80 G) continuamente por más de tres segundos, a velocidades menores o iguales a 24,1 km/h.

Mantenimiento de la altura:

Se coloca un dispositivo de prueba en la cabecera, el cual no se debe desplazar verticalmente más de 25 mm durante la aplicación de una fuerza inicial de 50 N hacia abajo. Luego se verifica que la altura del dispositivo de prueba no sea menor a 13 mm de la altura inicial, cuando se aplica una fuerza vertical de 500 N hacia abajo y luego se reduce a aproximadamente 450 N.

Retención de la separación entre la cabeza y el asiento, desplazamiento y fuerza de la cabecera:

Esta prueba se lleva a cabo para determinar el desempeño de las cabeceras dinámicas (aquellas que se mueven con respecto al asiento cuando el cuerpo del ocupante aplica una fuerza sobre el respaldo). La prueba consiste en utilizar un maniquí similar al mostrado en la Ilustración 2-30, para aplicar un momento sobre el punto H, punto que se aproxima al eje de la cadera de una persona. Estas cabeceras no deben desplazarse más de 25 mm cuando se aplica un momento cercano a 37 Nm, ni deben desplazarse más de 102 mm cuando se aplica un momento de aproximadamente 373 Nm. Además, la cabecera dinámica debe poder soportar durante 5 segundos una fuerza de 890 N, aplicada a través de la espalda del maniquí.

Desempeño dinámico:

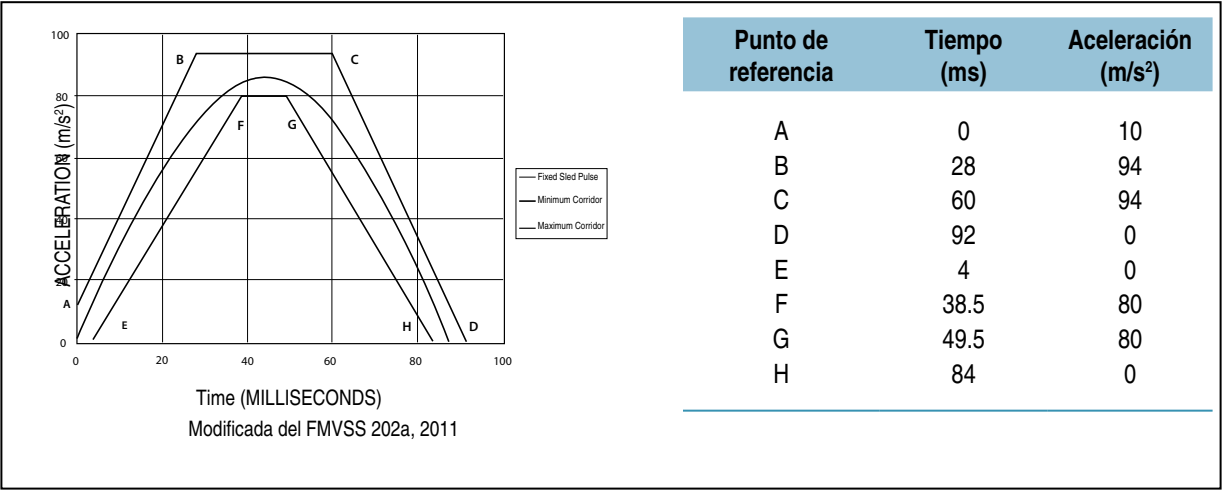
La cabecera debe limitar la rotación angular de la cabeza con respecto al torso a 12° sin producir un HIC mayor a 500. En este caso, se monta el vehículo en una plataforma de prueba la cual se acelera hasta alcanzar una velocidad de 17.3 km/h, siguiendo una curva de aceleración que debe estar entre los límites mostrados en la Ilustración 2-31, de forma que el tiempo de la prueba no puede exceder los 200 ms.

Ilustración 2-30. Maniquí de pruebas para las cabeceras



En esta figura se muestra un maniquí especialmente diseñado para realizar mediciones de las sillas de vehículos. Cortesía de HMRD Canada.

Ilustración 2-31. Límites superior e inferior de la curva de aceleración para evaluar el desempeño dinámico de las cabeceras



Cabeceras plegables para otras posiciones:

En el caso de que la cabecera se utilice en posiciones que no satisfacen los requerimientos mencionados anteriormente, deben ser capaces de rotar de manera que se puedan ajustar. Si su altura mínima no es menor a 800 mm, la cabecera debe poder rotarse hacia adelante o hacia atrás por lo menos 60°, y debe poder alinear el torso con respecto a la vertical por lo menos 10° más cerca. Además, las cabeceras no se deben poder remover. Para evaluar estas características se utiliza el maniquí antropomórfico Hybrid III que representa el percentil 5 de las mujeres adultas.

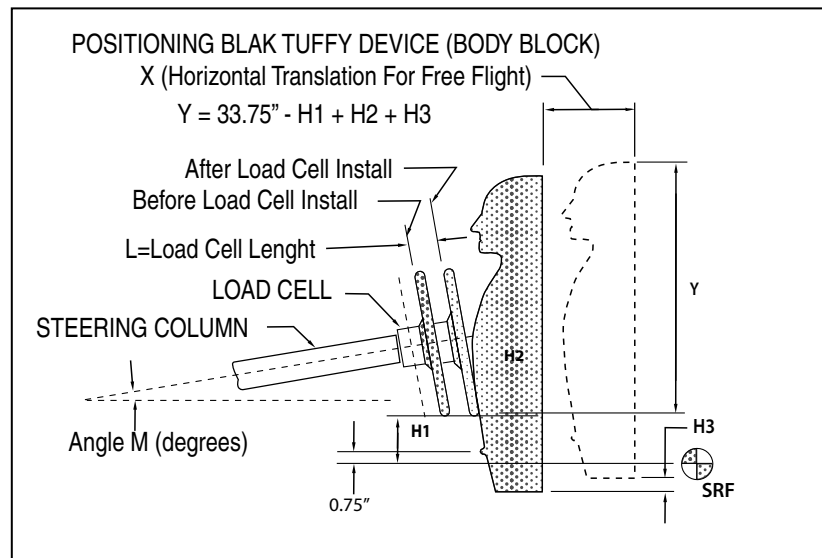
FMVSS 203 (Protección, para el conductor contra impactos contra el sistema de dirección del vehículo)

Este estándar especifica los requerimientos para el sistema de dirección del vehículo, con el fin de reducir las lesiones que puede causar en el pecho, cuello y cara del conductor en caso de algún impacto. No obstante, sólo aplica para los vehículos de pasajeros de 4.5 toneladas o menos y no aplica a vehículos que satisfacen lo requerido en el FMVSS 208.

Para que el sistema de dirección cumpla con lo requerido, no debe transmitir una fuerza mayor a 11,120 N al pecho del conductor, cuando éste golpea la manivela a una velocidad de 24 km/h; no obstante, la fuerza puede superar ese valor en intervalos menores o iguales a 3 ms. Además, los dispositivos que se agregan al sistema de dirección no deben atrapar la ropa o las joyas del conductor cuando él está conduciendo el vehículo.

Para realizar esta prueba se corta el vehículo aproximadamente por la mitad, debido a que dentro del vehículo hay muy poco espacio para instalar los dispositivos de medición. Luego se instalan celdas de carga en la manivela y medidores de desplazamiento del sistema de control de la dirección. Posteriormente se coloca un maniquí en un dispositivo de impulso, el cual dispara al maniquí contra la manivela para así simular el movimiento que tendría un conductor en caso de un impacto, tal y como se muestra en la Ilustración 2-32 (DOT-NHTSA, 1990a, pp.13-18).

Ilustración 2-32. Prueba de impacto del conductor contra el sistema de dirección



Esta figura representa cómo se dispara el cuerpo de un maniquí hacia la manivela de algún vehículo, a fin de determinar si ella protege adecuadamente a los conductores. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 203: Impact protection for the driver from the steering system, DOT-NHTSA, 1990a

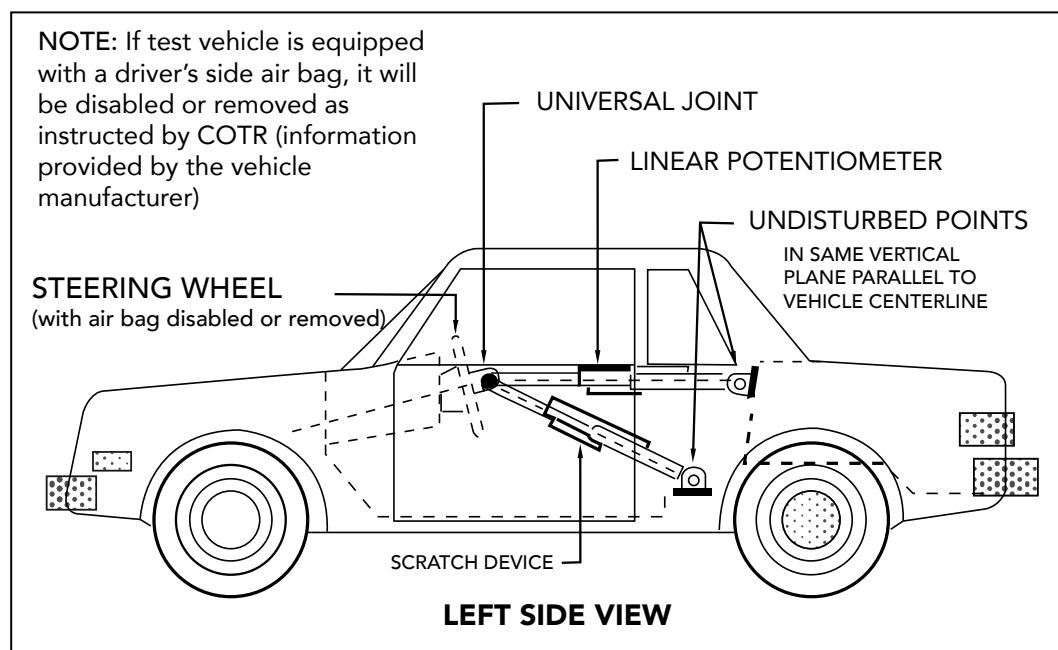
FMVSS 204 (Desplazamiento hacia atrás del sistema de dirección del vehículo)

El objetivo de este estándar es limitar el desplazamiento hacia atrás del sistema de dirección del vehículo, con el fin de reducir la probabilidad de producir lesiones en el cuello, pecho y cabeza del conductor (Steering Control Rearward Displacement, 2008, S1). No aplica a las furgonetas.

Para que la carrocería de los vehículos cumpla con este estándar, el sistema de dirección no debe desplazarse más de 127 mm hacia atrás cuando se produce una colisión perpendicular a una barrera de prueba a 48 km/h. El peso de los vehículos debe ser de 2.5 toneladas cuando están descargados o 4.5 toneladas en total, si fueron hechos después de setiembre del 2001 (Steering Control Rearward Displacement, 2008, S4).

En esta prueba se desactivan o remueven las bolsas de aire de los vehículos y se coloca un dispositivo que mide el desplazamiento hacia atrás de la manivela y el eje de la manivela, cuya medición se realiza con respecto a ciertos puntos del vehículo que permanecen inalterados después de la colisión, tal y como lo muestra la Ilustración 2-33 (DOT-NHTSA, 1996c, p.25).

Ilustración 2-33. Dispositivo para medir el desplazamiento hacia atrás del sistema de dirección



En esta figura se muestra el montaje de un dispositivo utilizado para medir el desplazamiento hacia atrás que sufre el sistema de dirección de un vehículo ante una colisión. El dispositivo es fijado en la parte de atrás del vehículo, en lugares que permanecen inalterados luego del impacto. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 204: Steering control rearward displacement, DOT-NHTSA, 1996.

FMVSS 205 (Materiales vítreos)

El objetivo de este estándar es especificar los requerimientos para los materiales vítreos utilizados en los vehículos a motor y en ciertos equipos de los vehículos, con el fin de reducir las lesiones producidas en los impactos contra los materiales vítreos, para cierto grado de transparencia a través de las ventanas para mejorar la visibilidad y para reducir la posibilidad de que los ocupantes salgan expelidos a través de las ventanas en caso de alguna colisión.

Este estándar especifica que los materiales cristalinos utilizados en los vehículos deben ser sometidos a la prueba de fractura especificada en la norma ANSI/SAE Z26.1-1996. El objetivo de esa prueba es verificar que los fragmentos producidos durante la fractura del vidrio se formen de tal manera que minimicen el riesgo de lesiones. La prueba consiste en golpear una muestra del material con un martillo puntiagudo o instrumento similar de 75 g de masa. Los fragmentos individuales que se producen no deben pesar más de 4.25 g.

En la norma ANSI/SAE Z26.1-1996 también se especifica que los materiales vítreos deben ser sometidos a pruebas de estabilidad de la luz, de transmisión luminosa, humedad, alta temperatura, impacto, desviación óptica y distorsión de la visibilidad, humedecimiento simulado, resistencia a la abrasión, resistencia química, estabilidad dimensional, flexibilidad, flamabilidad, resistencia a la penetración y de resistencia a los cambios de temperatura.

Prueba de estabilidad de la luz:

Esta prueba se realiza para determinar si la transmisión de la luz a través del vidrio se ve afectada por la exposición prolongada a la luz solar. La prueba consiste en medir la transmisión luminosa paralela antes de someter la muestra a radiación solar. Luego se somete la mitad de la muestra a radiación ultravioleta durante 100 horas y a una temperatura de 44 °C. Después se vuelve a medir la transmisión de la luz paralela, la cual no debe diferir en más de un 5% de la inicial.

Prueba de transmisión de la luz:

Esta prueba consiste precisamente en medir la transmisión de la luz paralela a través de los materiales vítreos. La transmisión de la luz no debe ser inferior al 60% o 70%, dependiendo del tipo de material.

Prueba de humedad:

El objetivo de esta prueba es determinar si el material vítreo de seguridad puede resistir la humedad del ambiente por un tiempo prolongado. La prueba consiste en someter durante dos semanas las muestras a un ambiente al 100% de humedad relativa y a una temperatura de entre 49°C y 54°C. Al finalizar la prueba no se deben observar materiales separados, excepto en los bordes, pero éstos no se pueden extender hacia adentro más de 6.35 mm.

Prueba de alta temperatura:

Esta se lleva a cabo para determinar si los materiales vítreos de seguridad pueden soportar altas temperaturas durante periodos prolongados. En esta prueba se someten las muestras a

temperaturas de 100°C durante dos horas dentro de un horno o a 66°C en agua caliente. Al finalizar no se deben formar burbujas más allá de 13 mm del borde o de cualquier grieta que se forme.

Prueba de impacto 1:

Esta prueba sirve para determinar si los materiales vítreos de seguridad pueden soportar impactos de proyectiles externos. En la prueba de impacto se colisionan 12 especímenes colocados horizontalmente sobre unos soportes laterales con una esfera de 227 g, dejándola caer libremente desde una altura de 3.05 m. No más de dos especímenes del material pueden mostrar agrietamiento ni romperse.

Prueba de impacto 2:

Esta prueba se lleva a cabo de forma similar a la prueba de impacto 1, pero con el objetivo de determinar si los materiales vítreos de seguridad pueden evitar que la bola los atraviese. Entonces se colocan horizontalmente sobre unos soportes laterales 12 especímenes que se someten a prueba, y solo se acepta que dos de ellos sean atravesados por completo por las bolas que lo atraviesen.

De acuerdo con la norma ANSI/SAE Z26.1 en esta prueba las bolas se dejan caer desde diversas alturas, las cuales varían según el espesor del espécimen. Por ejemplo, si el espesor nominal del espécimen es de 3.81 mm, la altura de caída de la bola debe ser de 1.83 m, pero si el espesor nominal es de 5.59 mm, la altura de caída de la bola debe ser de 4.57 m.

Prueba de impacto 3:

Esta prueba se realiza para evaluar los materiales multivítreos y se lleva a cabo de forma similar a las anteriores, pero la bola se deja caer desde una altura de 9.14 m. Después del impacto, ningún fragmento debe tener un área que exceda los 1,290 mm².

Prueba de impacto 4:

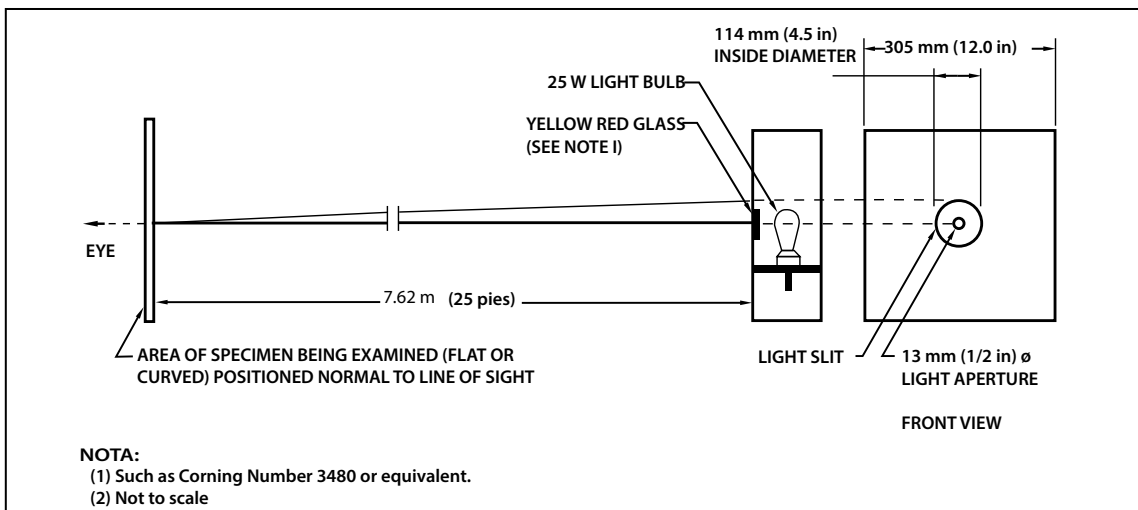
El objetivo de esta prueba es determinar el comportamiento de los materiales vítreos cuando están a bajas o altas temperaturas y son impactados por una pequeña bola. En este caso se mantiene 12 especímenes durante cuatro horas a temperaturas de entre 38°C y 42°C, mientras que otros 12 especímenes se mantienen a temperaturas de entre -18°C y -22°C. En el caso de los vidrios laminados las temperaturas altas de prueba rondan entre los 21°C y 29°C.

La bola se deja caer desde una altura de 9.14 m. El criterio de aceptabilidad indica que la bola no debe atravesar el vidrio en más de dos especímenes. Además, pequeños fragmentos del vidrio se pueden desprender, pero el área afectada debe ser menor que 645 mm². Por último, el área del material de refuerzo que se separe no debe exceder 1935 mm².

Prueba de la desviación óptica y distorsión de la visibilidad:

El objetivo de esta prueba es determinar la desviación óptica y distorsión de la visibilidad a través de los materiales vítreos. La medición de la desviación óptica consiste en observar a través del vidrio el orificio circular de una, como se aprecia en la Ilustración 2-34. Al observar el agujero a través del vidrio no se debe producir un cambio en la imagen secundaria que se extienda más allá del punto de tangencia del borde interno del círculo.

Ilustración 2-34. Prueba de desviación óptica



Obtenida de la norma ANSI/SAE Z26.1, 2007. Reimpreso con permiso de SAE International.

En la prueba de la distorsión de la visibilidad se coloca un proyector a una distancia de 7.62 m de la muestra y se proyecta luz en una pantalla a través de la muestra. Luego se comienza a mover la muestra hacia el proyector en intervalos de 127 mm, mientras se analiza la sombra en la pantalla. Cuando comienzan a aparecer manchas claras y oscuras en la sombra de la pantalla, se registra la distancia desde el proyector. No deben aparecer tales manchas cuando la muestra se ha movido una distancia menor a 635 mm.

Prueba del humedecimiento simulado:

El objetivo de este ensayo es determinar si los materiales vítreos que poseen una parte plástica pueden soportar exposiciones prolongadas a la humedad. En este ensayo primero se determina la transmisión luminosa paralela de la muestra. Luego se expone la superficie exterior del vidrio (en relación a su posición en el vehículo) a radiación ultravioleta con una magnitud de 306 MJ/m² a temperaturas de entre 67°C y 73°C y una humedad relativa del 50%. Posteriormente se rocía la muestra con agua desionizada.

El procedimiento se lleva a cabo en ciclos de exposición a la luz y al agua intermitentes, de 18 minutos y 102 minutos de duración respectivamente.

Después se vuelve a medir la transmisión paralela de la luz. Al finalizar el ensayo la transmisión luminosa no debe reducirse en más de un 5% y no se deben formar burbujas ni otros tipos de descomposición visibles.

Resistencia a la abrasión de la superficie interior:

Esta prueba se lleva a cabo para determinar si la superficie interior de los vidrios tiene cierta resistencia a la abrasión. La prueba consiste en someter la superficie interna del vidrio a 100 ciclos de abrasión, utilizando dos ruedas abrasivas y aplicando una carga de 500 g en cada una de ellas y haciendo uso de un sistema de aspiración para recoger el material que se desprende.

Se debe medir la transmisión difusa de la luz antes y después de la abrasión. Antes de la prueba, la transmisión difusa de la luz no debe ser mayor que 1%. Una vez concluido el proceso de abrasión, la transmisión difusa no debe aumentar con respecto al valor original en más de un 9%, pero en el caso de los materiales compuestos de vidrio y plástico, el incremento en la transmisión difusa de la luz no debe ser mayor al 4%.

Resistencia a la abrasión de la superficie exterior:

Esta prueba se lleva a cabo para determinar si la superficie exterior de los vidrios tiene cierta resistencia a la abrasión. Esta prueba es igual a la anterior, pero se aplican 1,000 ciclos de abrasión.

Se debe medir la transmisión difusa de la luz antes y después de la abrasión. Antes de la prueba, la transmisión difusa de la luz no debe ser mayor que 1%. Una vez concluido el proceso de abrasión, la transmisión difusa no debe aumentar con respecto al valor original en más de un 2%.

Resistencia química de los materiales libres de esfuerzos:

Esta prueba se lleva a cabo para determinar si los vidrios pueden resistir ciertos productos químicos que comúnmente se utilizan para limpiarlos como: el jabón, el keroseno, el alcohol, la gasolina y una solución acuosa de isopropanol y glicol.

La prueba consiste en sumergir las muestras durante un minuto en los productos químicos, una muestra por cada producto y luego se limpian las muestras. No debe presentarse ningún tipo de agrietamiento, formación de sustancias pegajosas ni pérdida de transparencia.

Resistencia química de los materiales sometidos a esfuerzos:

Esta prueba se lleva a cabo para determinar si los plásticos, cuando están sometidos a esfuerzos, pueden resistir ciertos productos químicos que comúnmente se utilizan para limpiarlos como: el jabón, el keroseno, el alcohol, la gasolina y una solución acuosa de isopropilanol y glicol.

Primero se someten las muestras a momentos de flexión de manera que las fibras externas sean sometidas a esfuerzos de 6.9 MPa. Luego se aplica el producto químico, cuya reacción se desea estudiar, sobre el punto de aplicación de la fuerza que genera los momentos flexores. No debe presentarse ningún tipo de agrietamiento, formación de sustancias pegajosas ni pérdida de transparencia.

Estabilidad dimensional:

Esta prueba se realiza para determinar si los materiales plásticos sufren cambios de forma excesiva bajo condiciones de alta humedad y temperatura atmosférica. Las muestras a analizar deben tener un tamaño de 152 mm x 152 mm x 6.35 mm. Antes de someter las muestras a tales condiciones, primero se les acondiciona a temperaturas de entre 22°C y 24°C y una humedad relativa de 50% durante 48 horas, se mide la diagonal más grande que conecta dos vértices del espécimen. Luego se someten las muestras durante 24 horas a un ambiente a 71°C y una humedad relativa de entre 70% y 75%. Posteriormente se someten las mismas muestras durante dos horas a un ambiente bajo las mismas condiciones de humedad relativa, pero a temperaturas de entre 22°C y 24°C. Por último, se mantiene el mismo rango de temperatura, pero se baja la humedad relativa a 50% y se mide de nuevo la diagonal mayor.

La diferencia entre el tamaño de las diagonales no debe exceder 1.27 mm.

Flexibilidad:

Esta prueba se realiza para determinar si el plástico tiene una adecuada flexibilidad. La prueba consiste en doblar el espécimen en un ángulo de 180° sobre un mandril cuyo diámetro es 80 veces mayor al espesor del espécimen. Durante y al final de este proceso no se deben formar grietas, arrugas ni defectos superficiales.

Flamabilidad de los plásticos de 1.27 mm de espesor o menos:

El objetivo de este ensayo es determinar la tasa de quemado de este tipo de materiales. Antes de iniciar la prueba, se obtienen especímenes de 318 mm x 25 mm y se les hacen marcas cuadradas de 13 mm de lado.

Luego se colocan las muestras en posición vertical y se aplica una gota del combustible 6.35 mm sobre el borde inferior de los especímenes, permitiendo que se deslice hacia abajo y 7 segundos después de echar la gota se le prende fuego. Se mide el tiempo que dura la llama en extinguirse o en que dura la muestra en quemarse por completo. De acuerdo con lo indicado en la norma ANSI/SAE Z26.1, la tasa de quemado vertical no debe exceder ciertos valores que dependen del espesor del material de prueba, de manera que si el espesor del material de prueba está entre 0.13 y 0.25 mm, la tasa de quemado no debe superar los 1.00 mm²/s; si el espesor está entre 0.28 y 0.38 mm, la tasa de quemado no debe ser mayor que 0.50 mm²/s; y si el espesor está entre 0.41 y 1.27 mm, la tasa de quemado no debe superar los 0.25 mm²/s.

Flamabilidad de los plásticos gruesos:

El objetivo de este ensayo es determinar la tasa de quemado de los plásticos de más de 1.27 mm de espesor. Antes de iniciar la prueba, se obtiene un espécimen de 152 mm x 13 mm y se le marcan dos líneas rectas de 25 mm y de 102 mm de longitud desde el borde inferior.

Debajo del espécimen se coloca un quemador Bunsen, a una distancia de 13 mm. Luego se enciende el quemador, produciendo una llama de entre 13 mm y 19 mm de altura durante 30 segundos y después se extingue la llama del quemador, permitiendo que se queme la muestra. Se comienza a medir el tiempo, nuevamente, una vez que la llama alcanza la marca de 25 mm. La tasa horizontal de quemado no debe exceder los 88.9 mm/min.

Resistencia a la penetración:

Este ensayo se realiza para determinar si el material vítreo de seguridad tiene una adecuada resistencia a la penetración.

La prueba consiste en dejar caer una bola de entre 2.254 kg a 2.282 kg de masa desde una altura de 4 m sobre el centro de una muestra colocada horizontalmente sobre unos soportes laterales.

Se someten a prueba 10 muestras y el criterio de aceptación es que la bola solo puede atravesar completamente dos de ellas.

Resistencia a los cambios de temperatura:

El objetivo de la prueba es determinar si los materiales vítreos de seguridad pueden soportar cambios de temperatura. Para ello se someten las muestras a temperaturas de entre -45°C y -35°C durante seis horas, seguidamente a temperaturas de entre 22° y 24°C durante una hora y después a temperaturas de entre 70°C y 74°C por tres horas. Luego se les deja enfriar a temperatura ambiente y se procede a inspeccionarlos.

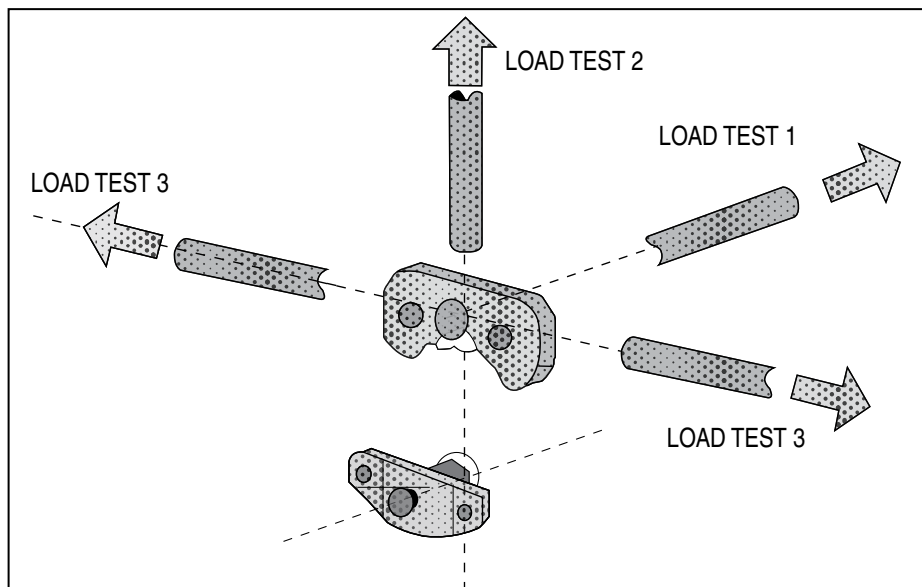
Las muestras no deben tener agrietamiento, delaminación, opacidad ni otros signos de deterioro visibles.

FMVSS 206 (Componentes de las cerraduras y de retención de las puertas)

En este estándar se especifican los requerimientos para los componentes de las cerraduras y los componentes de retención de las puertas, tales como las bisagras y los pestillos, entre otros, con el fin de reducir la probabilidad de que los ocupantes de los asientos sean expelidos del vehículo como consecuencia de un impacto.

Existen diversas pruebas para diferentes tipos de puertas. Para las puertas que poseen bisagras, las cerraduras y las bisagras se someten a pruebas de resistencia estáticas. En el caso de las cerraduras, las pruebas consisten en aplicar fuerzas en diferentes direcciones, las cuales se definen con respecto al dispositivo que funciona como el ancla de la cerradura, tal y como se muestra en la Ilustración 2-35. Cabe destacar que las pruebas se realizan cuando la cerradura está completamente cerrada o cuando está en la posición secundaria, la cual es una posición en la que la puerta está parcialmente cerrada. Para que las cerraduras satisfagan lo requerido por el estándar no se deben separar cuando se aplican las fuerzas mostradas en la Tabla 2-23.

Ilustración 2-35. Pruebas de resistencia estáticas aplicadas a las cerraduras de las puertas



En esta figura se muestran las direcciones de las fuerzas que se aplican sobre las cerraduras de las puertas de los vehículos, para medir su resistencia ante cargas estáticas. Obtenida del FMVSS 206, 2008.

Tabla 2-23. Magnitud de las fuerzas aplicadas (N) en las pruebas de resistencia estática de las cerraduras de las puertas

Prueba	Condición de la cerradura	
	Completamente cerrada	Parcialmente cerrada
1	11,000	4,500
2	9,000	4,500
3*	9,000	-

*La prueba 3 se realiza solo en las puertas traseras que se abren hacia atrás.
Modificada del FMVSS 206, 2008.

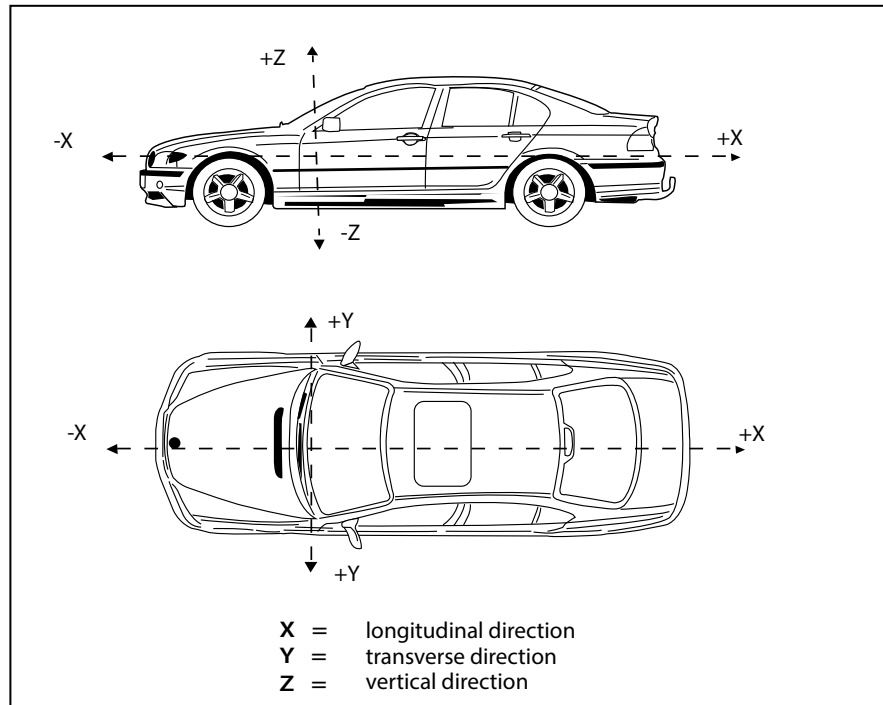
Además de las pruebas de resistencia estática, las cerraduras de las puertas traseras y delanteras deben superar una prueba de carga de inercia, en la cual el ensamble de la cerradura debe mantenerse cerrado ante cargas de inercia mínimas de 30 G de magnitud. Esta prueba se puede realizar de tres maneras:

1. La demostración se lleva a cabo por medio de cálculos matemáticos, siguiendo el procedimiento indicado en la norma SAE J839.
2. La cerradura no se debe desenganchar cuando acelera el vehículo completo siguiendo los pulsos de aceleración mostrados en la Ilustración 2-37, de forma que se produzcan fuerzas inerciales longitudinales y transversales (ver Ilustración 2-36) sobre las cerraduras.
3. Se montan los sistemas de cerradura en un sujetador especial, en lugar de montar el vehículo entero como se mencionó anteriormente y se someten los sistemas a fuerzas inerciales transversales y longitudinales.

De manera similar a las cerraduras, las bisagras son sometidas a pruebas de resistencia estática. Las bisagras deben tener la capacidad de soportar el peso de la puerta. Además, las bisagras no deben separarse cuando se aplica una carga longitudinal de 11,000 N, una carga transversal de 9,000 N y en el caso de las bisagras de las puertas traseras, una fuerza axial de 9,000 N.

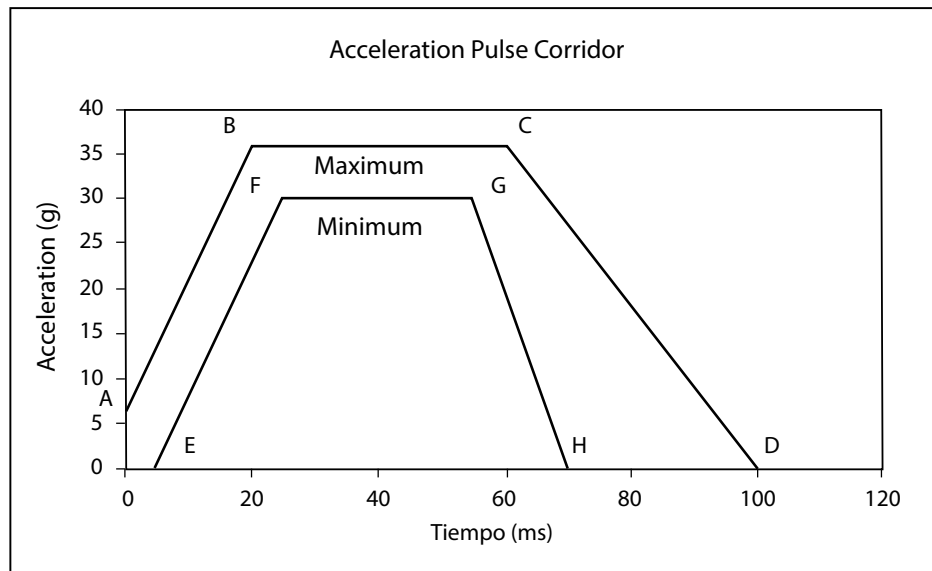
Si las puertas poseen bisagras posteriores que pueden funcionar independientemente de otras puertas, la manija para abrirlas debe dejar de funcionar cuando el vehículo viaja a velocidades superiores a los 4 km/h y deben poseer una señal de advertencia en el caso de que la puerta esté abierta.

Ilustración 2-36. Sistema de referencia coordenado de los vehículos



En esta figura se muestra la orientación del eje longitudinal del eje transversal y del eje vertical de un vehículo, ejes coordenados que se utilizan para describir la dirección de la aceleración que se le aplica a un vehículo en una prueba de cargas de inercia sobre las cerraduras. Obtenida del FMVSS 206, 2008.

Ilustración 2-37. Curvas de aceleración de los vehículos en las pruebas de las fuerzas inerciales sobre las cerraduras



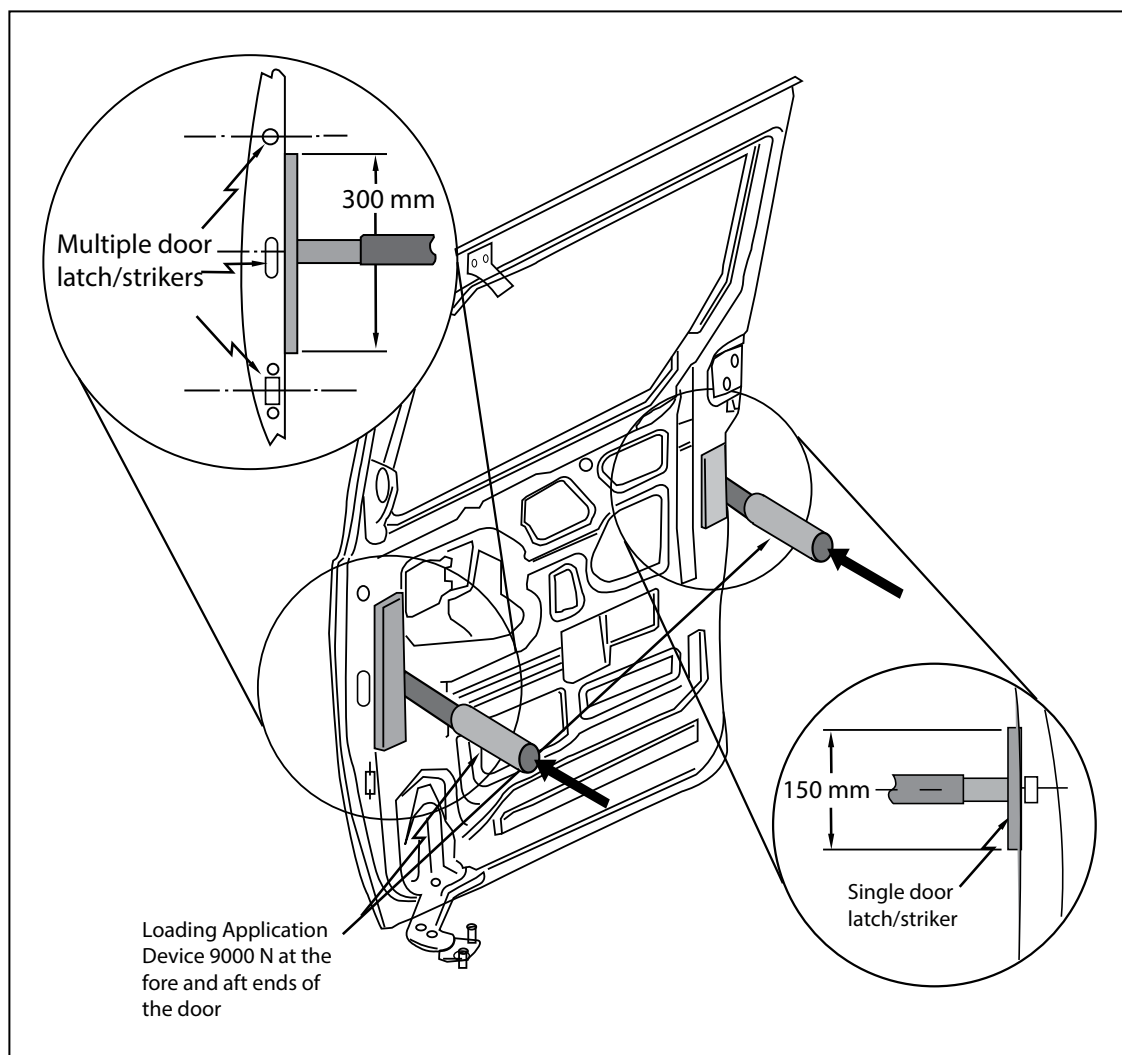
En esta figura se muestran los límites máximo y mínimo de la curva de aceleración vrs tiempo, que se utilizan como parámetro a la hora de realizar las pruebas de cargas de inercia sobre las cerraduras. Modificada del FMVSS 206, 2008.

Las puertas corredizas también son sometidas a pruebas de resistencia estática y a pruebas de inercia.

En las pruebas de resistencia estática, la cerradura debe mantenerse cerrada cuando se aplican cargas como las que se muestran en la Tabla 2-23, en la cual la prueba 1 se refiere a una carga transversal y la prueba 2 se refiere a una carga en la dirección de apertura de la puerta, paralela a la puerta. Por otro lado, las puertas corredizas deben mantenerse cerradas cuando se someten a las pruebas de inercia mencionadas anteriormente para las puertas que poseen bisagras.

Además, el sistema de riel y pasador o cualquier otro sistema que sostiene las puertas corredizas no se deben desprender del marco del vehículo cuando la puerta está completamente cerrada y se aplica una fuerza total de 18,000 N a lo largo del eje transversal del vehículo. La fuerza se aplica en dos puntos con el fin de corroborar que no se genere una brecha mayor a 100 mm o que los dispositivos de aplicación de las fuerzas no se desplacen más de 300 mm, tal y como se muestra en la Ilustración 2-38.

Ilustración 2-38. Prueba de resistencia del sistema de sujeción de las puertas corredizas



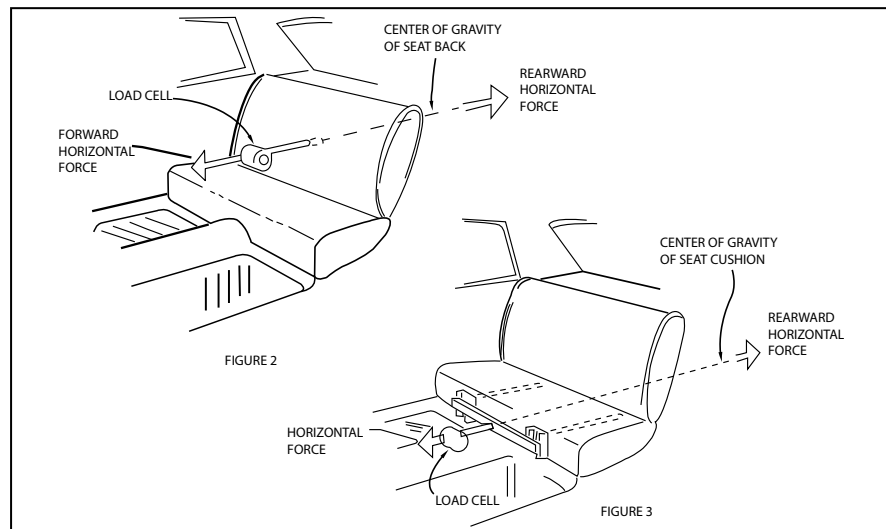
En esta figura se muestra la dirección de aplicación de las fuerzas utilizadas para corroborar la resistencia de los sistemas de sujeción de las puertas corredizas de los vehículos. Obtenida del FMVSS 206, 2008.

FMVSS 207 (Sistemas de las sillas)

El propósito de este estándar es especificar los requerimientos para las sillas, sistema de sujeción e instalación, con el fin de reducir la probabilidad de que las fuerzas producidas en los impactos las hagan fallar.

Para que los automóviles cumplan con los requerimientos debe haber al menos un asiento para el conductor. Las sillas son sometidas a fuerzas estáticas en cada una de sus diferentes posiciones con el fin de determinar si la estructura es capaz de soportarlas. Las fuerzas se aplican simultáneamente en el respaldo de la silla y en su asiento, tratando de empujar la silla hacia adelante o hacia atrás, cada una con una magnitud 20 veces mayor al peso del asiento y del respaldo, como lo muestra la Ilustración 2-39.

Ilustración 2-39. Pruebas de resistencia estática en las sillas



En esta figura se muestran los modos de aplicación de las fuerzas utilizadas para determinar la resistencia de los sistemas de las sillas. Obtenida del FMVSS 207, 2008.

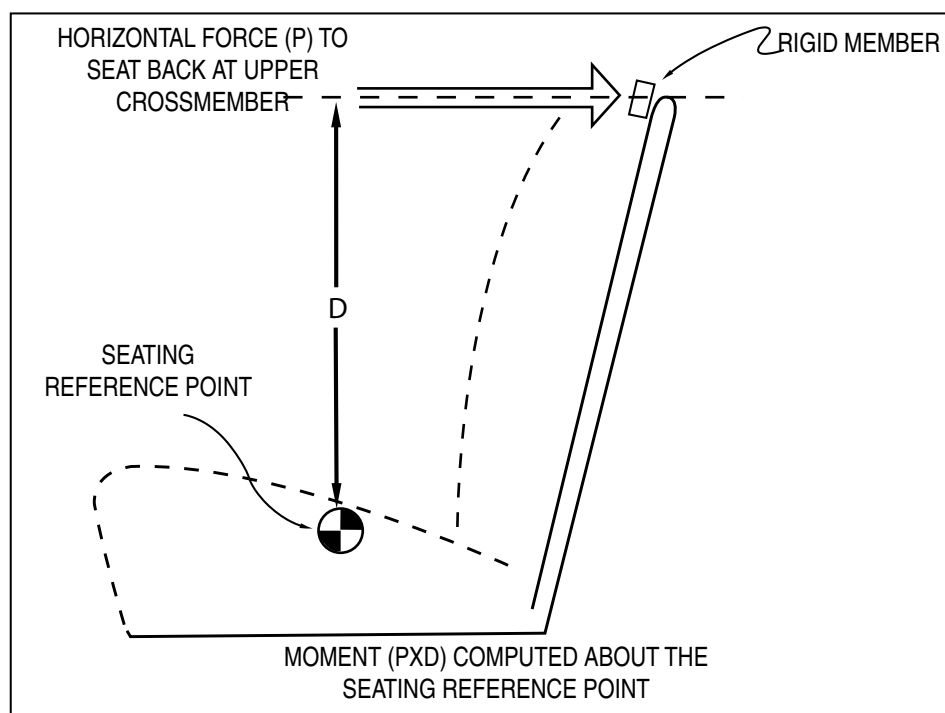
Otra prueba de resistencia estática que se realiza es una prueba de resistencia a momentos torsores, en la cual se ajusta el asiento lo más atrás posible y se aplica una fuerza horizontal, de forma que esta fuerza produzca un momento torsor en el pivote del respaldo, cuya magnitud es de 373 Nm. La prueba se realiza en cada una de los diversos ángulos de inclinación del respaldo, como se aprecia en la Ilustración 2-40.

En estas pruebas de resistencia estática el sistema de las sillas y/o respaldares no sólo debe soportar los efectos de las fuerzas sin presentar fallas mecánicas, sino que los asientos deben permanecer en la posición de ajuste durante la aplicación de las cargas.

Con ciertas excepciones, las sillas poseen un sistema que permite regular el ángulo del respaldo. Para que las sillas cumplan con lo requerido por este estándar, el sistema de regulación de la inclinación del respaldo debe ser auto-bloqueante o en otras palabras, él debe tener un dispositivo que permita retener el ángulo al cual fue fijado al respaldo. Además, si el diseño de la silla tiene designados ciertos ángulos de inclinación o alguna otra posición auxiliar de ella, el sistema debe poseer un mecanismo para liberar el dispositivo que mantiene en una posición fija la silla.

El dispositivo utilizado para fijar las posiciones de las sillas también es sometido a pruebas de resistencia estática, en las cuales el dispositivo debe ser capaz de soportar una fuerza equivalente a 20 veces el peso de la parte del respaldo que se puede rotar hacia adelante o hacia atrás, cuya fuerza se aplica en el centro de gravedad del elemento que se puede rotar, como por ejemplo, el respaldo del respaldo. Además, el dispositivo es sometido a una prueba de inercia, en la cual él no debe fallar cuando se aplica una aceleración 20 veces superior a la gravedad (si el asiento mira hacia adelante), o 8 veces mayor que la gravedad (si el asiento mira hacia atrás), en la misma dirección en la cual se puede rotar el elemento ajustable.

Ilustración 2-40. Prueba de resistencia estática al momento torsor



En esta figura se muestra el modo de aplicación de la fuerza a una distancia D del punto de referencia de una persona sentada, de forma que se genere un momento torsor, con el fin de determinar la resistencia del pivote del respaldo del asiento. Obtenida del FMVSS 207, 2008.

FMVSS 208 (Protección los ocupantes ante colisiones)

En este estándar se establecen los requerimientos de desempeño para el sistema de protección ante colisiones para los ocupantes, con el propósito de reducir las muertes y heridas causadas en los impactos. Aplica en vehículos de pasajeros, camiones, buses.

Existen algunos requerimientos generales que deben cumplir los vehículos, pero dependiendo del año de fabricación, los requerimientos pueden variar. Por ejemplo, para los vehículos de pasajeros, vehículos de multipropósito, camiones de 4,536 kg de peso o menos y buses, excepto buses escolares, construidos en o después del 1 de setiembre del 2007, deben tener cinturones de seguridad tipo 2³ en los asientos de atrás, a excepción de los asientos que están orientados hacia los lados, ya que estos pueden tener cinturones de seguridad tipo 1⁴ o tipo 2.

Los camiones y vehículos multipropósito de más de 4,536 kilogramos construidos el 1 de setiembre del 1990, deben poseer sistemas de protección que no requieren de ningún tipo de acción por parte de los ocupantes o deben tener un sistema de cinturones de seguridad tipo 1 o tipo 2, en cuyo caso el cinturón tipo 1 o el cinturón que sujeta la zona pélvica de un cinturón tipo 2 debe incluir un rebobinador de bloqueo de emergencia o un rebobinador de bloqueo automático⁵.

Si en los asientos delanteros se utilizan cinturones de seguridad que poseen un rebobinador de bloqueo automático para el cinturón o la parte del cinturón que sujeta la zona pélvica y el rebobinador debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. El rebobinador debe estar unido al asiento para que se pueda mover de la misma manera que él, si el asiento posee algún tipo de suspensión.
2. El rebobinador debe permitir que el cinturón se desplace al menos $\frac{3}{4}$ de pulgada, pero menos de 3 pulgadas antes de que lo tense. Esto se comprueba al estirar el cinturón un 75% de la elongación máxima, luego se aplica una carga de 20 lb en la parte del cinturón que sujeta la pelvis, en una dirección contraria al rebobinador. Al cabo de 30 segundos se retira la carga lentamente hasta que el rebobinador se ajusta en la posición de tensado más próxima y se mide la elongación final. La diferencia entre la elongación inicial y la final debe estar dentro del rango especificado anteriormente.

Además, los vehículos deben poseer etiquetas que indiquen lo siguiente:

1. Información acerca del mantenimiento y reemplazo de las bolsas de aire.
2. La información acerca del uso de las bolsas de aire debe aparecer en el manual de usuario del vehículo.
3. Los sistemas de seguridad automáticos que se despliegan cuando ocurre una colisión deben poseer un sistema de monitoreo con un indicador que alerte al dueño en caso de que haya alguna falla del sistema.
4. Los cinturones de seguridad automáticos deben estar contruidos para satisfacer los requerimientos mínimos de seguridad especificados en la norma.

Algunos requerimientos para los ensambles de los cinturones de seguridad

Excepto en algunos casos, lo vehículos deben poseer cinturones tipo 2 cuya parte del cinturón que sujeta la zona pélvica se debe ajustar de un rebobinador de cierre de emergencia o un rebobinador de cierre automático, el cual debe poder ajustarse adecuadamente a cuerpos de diferentes tamaños, cuyas

³ Los cinturones de seguridad tipo 2 sujetan tanto la zona pélvica como la parte superior del torso.

⁴ Los cinturones de seguridad tipo 1 son aquellos que sujetan sólo la zona pélvica.

⁵ Los rebobinadores de bloqueo son dispositivos que tensan el cinturón para que este no quede holgado.

dimensiones varían en el rango comprendido entre un niño promedio de seis años hasta el percentil 95 de hombre adulto. La parte de los cinturones que sujeta el torso debe ajustarse por un rebobinador de cierre de emergencia o un ajustador manual, de forma que se ajuste a cuerpos cuyas dimensiones van desde el percentil 5 de una mujer adulta hasta el 95 percentil de un hombre adulto.

Los cinturones de seguridad de los asientos delanteros deben ser tipo 2 y la parte de los cinturones que sujetan la pelvis debe tener un rebobinador de cierre de seguridad. El rebobinador de cierre de emergencia puede, excepto en los cinturones de los asientos delanteros, tener un ajustador manual que permite cerrar el rebobinador del cinturón que sujeta la pelvis cuando el cinturón está abrochado.

Con ciertas excepciones, los puntos de anclaje del cinturón de seguridad deben poseer por lo menos un componente movable que tenga por lo menos dos posiciones de ajuste, cuyo centro de masa debe poder desplazarse una distancia lineal de por lo menos 5 cm.

En el caso de los buses escolares, los asientos deben tener cinturones de seguridad, deben tener rebobinadores de seguridad para sujetar personas cuyas medidas varían desde un niño promedio de seis años, hasta un niño promedio de diez años, excepto en los cinturones del asiento del chofer, acompañante y de ocupantes muy pequeños.

Los sistemas de cierre de los cinturones de seguridad deben estar en un lugar accesible y deben tener un botón para abrirlos, entre otras cosas. Además, los cinturones de seguridad deben poseer un sistema de alarma que le indique al conductor cuando no se ha puesto el cinturón.

Los cinturones de seguridad pueden contar con algunos dispositivos que buscan hacerlos más confortables, como lo son los ganchos de conveniencia y el dispositivo para tensar o liberar la correa, para los cuales también existen especificaciones. Los ganchos de conveniencia o similares, que son dispositivos que mantienen en un lugar más cómodo el cinturón de seguridad para facilitar la entrada o salida del vehículo, deben soltar la correa automáticamente y dejar la correa libre mientras se vaya a conducir o se esté conduciendo el vehículo, para que cumplan los requerimientos de este estándar. Por otro lado, los dispositivos para tensar y liberar la correa deben estar diseñados de forma que brinden la máxima holgura recomendada por el fabricante; y también deben poseer un medio automático para cancelar cualquier holgura de la correa que el sistema le haya introducido.

En vehículos antiguos, como los que se hicieron después del primero de setiembre de 1989, lo que se aceptaba en esa época era el uso de los cinturones de seguridad manuales. Estos cinturones, entre otros requerimientos, no deben aplicar una fuerza de contacto mayor a 0,7 lb [0.318 kg], aplicada de forma perpendicular y a una pulgada del pecho de un maniquí especial para las pruebas.

Requerimientos para las bolsas de aire

La construcción de vehículos de pasajeros con bolsas de aire se volvió obligatoria a partir del 1 de setiembre de 1997, mientras que para otros tipos de vehículos como los buses o vehículos de carga comenzó a regir a partir del 1 de setiembre de 1998.

Para verificar que los sistemas de bolsas de aire funcionan adecuadamente, se realizan pruebas de choque frontal contra barreras y se verifica si los sistemas automáticos para la activación y desactivación de las bolsas de aire funcionan. Estas pruebas se realizan con maniquíes antropomórficos cuyas medidas corresponden a las del percentil 5 de una mujer adulta y las de niños de 1, 3 y 6 años de edad. El resumen de cada una de las pruebas se mostrará más adelante.

Valores de tolerancia biomecánica de las personas

Para verificar si los vehículos son lo suficientemente seguros se realizan diferentes tipos de pruebas en diferentes tipos de personas y se miden los parámetros de daño de forma que se pueda hacer la comparación con los indicadores de daño permitidos que se muestran en la Tabla 2-24. Estos indicadores se basan en el HIC, el Nij (ver Anexo E), la aceleración del tórax, la deformación del esternón, las fuerzas aplicadas axialmente sobre el fémur y el cuello, y los momentos aplicados en el cuello de los pasajeros.

Como se explicó anteriormente, el HIC es el índice de daño en la cabeza. Este índice se mide a partir de un lapso de tiempo medido en milisegundos, el cual se indica por medio de un subíndice. Por ejemplo, un HIC_{15} de 700 indica que al cabo de 15 milisegundos el índice de daño en la cabeza es de 700.

Similarmente, el Nij es un índice del daño en el cuello y se calcula a partir de la suma de las razones de las fuerzas axiales y momentos aplicados en el cuello, de forma que no debe pasar un valor de 1 (ver Anexo E).

La aceleración del tórax se expresa como un múltiplo de la aceleración de la gravedad, con el fin de dar una idea de la magnitud de la aceleración al cual es sometido, ya que expresar la aceleración en términos de m/s^2 no permite tener una idea muy clara de la fuerza que está soportando cierta parte del cuerpo. Los valores mostrados en la Tabla 2-24, son valores máximos; no obstante, la aceleración del tórax puede sobrepasar el máximo indicado siempre y cuando el tiempo al cual se somete el tórax a tal aceleración sea menor a 3 milisegundos.

En las pruebas se utilizan maniquíes antropomórficos que simulan el comportamiento de diferentes tipos de personas durante los accidentes. Los maniquíes antropomórficos tienen las medidas del percentil 50 de un hombre adulto, el percentil 5 de una mujer adulta, de un niño de un año de edad, de un niño de tres años y del percentil 50 de un niño de seis años. Como se indica en la Tabla 2-24, el índice de daño aceptable varía dependiendo del tipo de persona; y además, las pruebas que se realizan pueden ser diferentes para cada clase de maniquí antropomórfico.

Tabla 2-24. Límites de tolerancia biomecánica en diferentes tipos de personas

Indicador de daño permitido	Tipo de persona			
	Percentil #50 de un hombre adulto	Percentil #5 de una mujer adulta	Recién nacidos	Niño de 6 años
$HIC_{36} \leq$	1,000	–	–	–
$HIC_{15} \leq$	700	700	390	700
Aceleración resultante de la caja torácica $a \leq$	60 G	60 G	50 G	60 G
Deflexión del esternón en relación a la espina dorsal (mm) $\delta \leq$	76	52	–	40
Fuerza axial sobre el fémur (N) $F \leq$	10,013	6,805	–	–
$N_{ij} \leq$	1	1	1	1
Fzc Tensión (N)	6,806	4,287	1,460	2,800
Fzc Compresión (N)	6,160	3,880	1,460	2,800
Myc Flexión (Nm)	310	155	43	93
Myc Extensión (Nm)	135	67	17	37
Fuerza axial de tensión pico sobre el cuello (N) $F_z \leq$	4,170	2,620	780	1,490
Fuerza axial de compresión pico sobre el cuello (N) $F_z \leq$	4,000	2,520	960	1,820

En esta tabla se resumen los límites de tolerancia biomecánica para diversos tipos de personas durante las pruebas realizadas para determinar si los vehículos ofrecen niveles de protección aceptables.

Construida en base a la información del FMVSS 208, 2009.

Protección contra accidentes para pasajeros que son hombres adultos promedio

En el caso del percentil 50 de los hombres adultos, los maniquíes son sometidos a pruebas de choques frontales, laterales y a vuelcos como se muestra a continuación:

Prueba de choque frontal contra una barrera fija y rígida:

Dependiendo del año de construcción del vehículo, se realizan diferentes tipos de pruebas de choque. Las pruebas consisten en que se colocan maniquíes cuyas dimensiones corresponden a las dimensiones de hombres adultos promedio en los asientos delanteros del vehículo. Luego, se hace que el vehículo impacte una barrera fija y rígida de manera que el choque se produzca en rumbos que van desde los 0° hasta los 30° con respecto a la línea de referencia que es perpendicular a la barrera. En las pruebas se simulan condiciones en las cuales los maniquíes

usan los cinturones de seguridad y cuando no los usan. En el caso de que los maniquíes usen los cinturones de seguridad, las velocidades de choque que se utilizan varían entre 40 km/h y 56 km/h, según el año de fabricación de los vehículos. Además, en ciertos vehículos que no cuentan con cinturones de seguridad ni bolsa de aire, y en vehículos que sí poseen bolsas de aire se realizan pruebas de choque sin cinturón de seguridad en las que las velocidades varían entre 32 km/h y 40 km/h.

Prueba de choque lateral con una barrera móvil

Ilustración 2-41. Prueba de choque lateral contra una barrera móvil



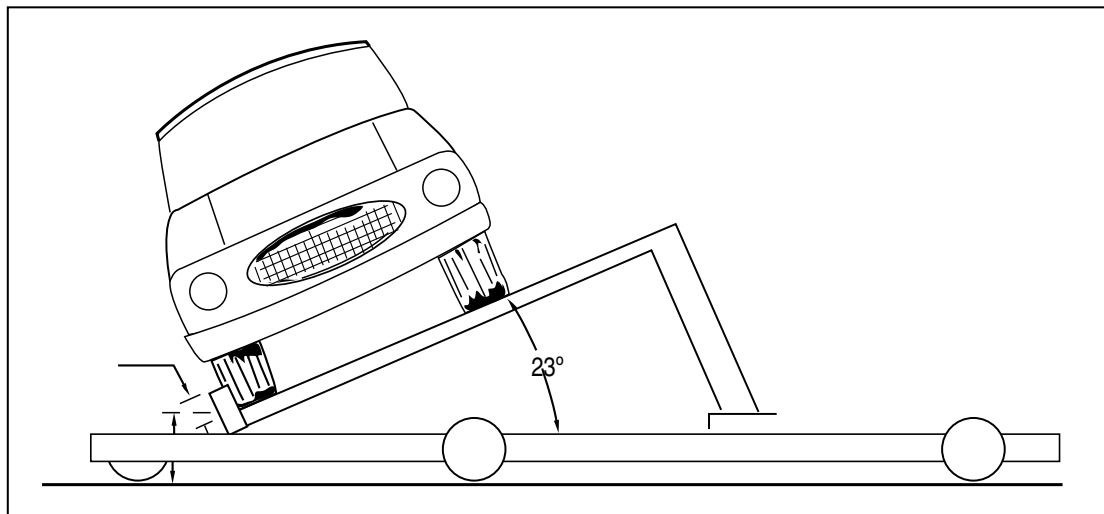
En esta figura se muestra cómo se lleva a cabo una prueba de choque lateral en la que se utiliza una barrera móvil para colisionar los vehículos. Cortesía de Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, Virginia USA. www.iihs.org

En esta prueba se colisionan los vehículos por los costados con una barrera móvil que viaja a 20 mph [32,2 km/h] al momento del impacto. El maniquí de prueba se coloca en el asiento delantero al lado del impacto y al finalizar la prueba, el daño que recibe no puede ser mayor a los índices indicados en la Tabla 2-24. El impacto se debe dar de forma perpendicular al eje transversal del vehículo, como se aprecia en la Ilustración 2-41 y la barrera debe presentar una deformación estática y una deformación dinámica insignificante. Además, ella debe absorber una cantidad de energía insignificante cuando se da el choque.

Prueba de vuelco:

Los maniqués se colocan en los asientos delanteros y se someten los vehículos a pruebas de vuelco en ambas direcciones a una velocidad de 30 mph [48,3 km/h]. Así, los maniqués no deben mostrar índices de daños superiores a los mostrados en la Tabla 2-24. La prueba consiste en montar los vehículos en una plataforma móvil que posee una inclinación de 23°, que viaja a 30 mph [48.3 km/h] y se detiene súbitamente para hacer que el vehículo salga rodando, tal y como lo muestra la Ilustración 2-42.

Ilustración 2-42. Prueba de vuelco



En esta figura se muestra un esquema de una plataforma en la que se montan los vehículos para luego lanzarlos y simular así las pruebas de vuelcos. Obtenida del FMVSS 209, 2009.

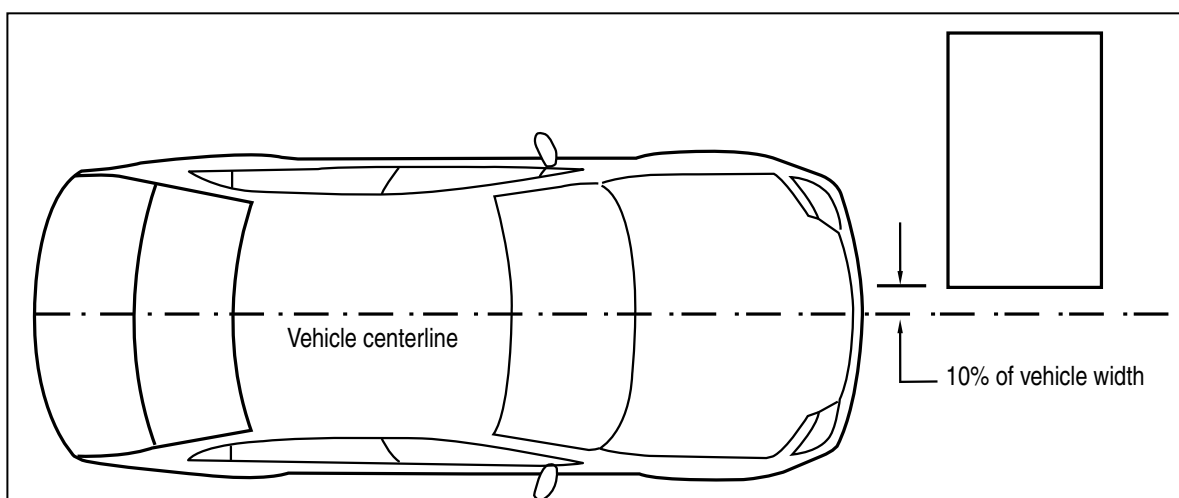
Requerimientos de protección para el percentil 5 de una mujer adulta

Se colocan los maniqués que representan el percentil 5 de las mujeres adultas en ambos asientos delanteros y se hace chocar el vehículo contra una barrera rígida. El rumbo del vehículo, medido con respecto a una guía perpendicular a la barrera. Dependiendo del año de construcción de los vehículos, las pruebas se realizan de manera distinta, por lo que las pruebas se pueden realizar con el maniquí sujetado por los cinturones de seguridad, a velocidades máximas de choque de entre 48 km/h y 56 km/h. También se realizan pruebas sin utilizar el cinturón de seguridad, en las que la velocidad varían

entre los 32 km/h hasta los 40 km/h. En la Tabla 2-24 se muestran los límites de tolerancia biomecánica que deben cumplirse en las pruebas hechas con el maniquí que representa el percentil 5 de las mujeres adultas.

Los maniqués que representan el percentil 5 de las mujeres adultas también se someten a pruebas de choque frontal contra barreras deformables. En estos casos, los maniqués se colocan en los asientos delanteros utilizando los cinturones de seguridad tipo 2, pero a diferencia de las pruebas de choque contra barreras rígidas, en esta prueba el impacto no lo recibe toda la parte delantera del vehículo, sino que el choque se produce sólo en el 40% del lado del conductor cuando el vehículo viaja 40 km/h, como lo muestra la Ilustración 2-43. Al final, los índices de daño biomecánico obtenidos deben cumplir con los valores especificados en la Tabla 2-24.

Ilustración 2-43. Prueba de choque frontal contra una barrera deformable



En esta figura se muestra cómo se realiza una prueba de choque frontal contra una barrera deformable, el vehículo colisiona de manera que su eje central está corrido con respecto al borde de la barrera una distancia equivalente al 10% del ancho del vehículo. Obtenida de Moderate overlap frontal crashworthiness evaluation: crash test protocol, cortesía de Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, Virginia USA. www.iihs.org

Requerimientos de protección para niños recién nacidos que viajan en porta bebés o en sillas convertibles

Los vehículos deben contar con un sistema automático para desactivar la bolsa de aire del lado del copiloto, el cual debe poseer una señal que le indique al conductor que la bolsa de aire está desactivada. Si no posee un sistema para desactivar la bolsa de aire, el vehículo debe tener un sistema de despliegue de la bolsa de aire de bajo riesgo. Para cada uno de los sistemas se realizan pruebas distintas, en las que se utiliza un maniquí de un niño de un año de edad. El maniquí se coloca en su dispositivo de seguridad, ya sea el porta bebés o la silla convertible, acostado y viendo hacia atrás o sentado viendo hacia el frente, en el asiento delantero del pasajero.

En el caso del sistema automático para desactivar la bolsa de aire, se realiza una prueba estática que consiste en determinar si efectivamente el sistema desactiva la bolsa de aire del lado del pasajero, cuando

se coloca un infante junto con su dispositivo de seguridad en el asiento del copiloto, colocándolos y sujetándolos de diversas maneras. Luego, se comprueba que el sistema vuelve a activarla cuando se coloca el maniquí con las medidas del percentil 5 de una mujer adulta.

Contrariamente a la prueba estática que se realiza para el sistema automático de desactivación de la bolsa de aire, para comprobar el adecuado funcionamiento del sistema de despliegue de bajo riesgo de la bolsa de aire se realiza una prueba de choque en la que se colocan adecuadamente el maniquí del infante junto con su dispositivo de seguridad y se llevan a cabo pruebas de choque a velocidades que pueden alcanzar hasta los 64 km/h. Al finalizar la prueba no se deben sobrepasar los índices de daño en el infante especificados en la Tabla 2-24.

Requerimientos de protección para niños de 3 años de edad

Estas pruebas son similares a las mencionadas para los recién nacidos, ya que en el caso de que el vehículo posea un dispositivo que desactiva o activa la bolsa de aire cuando se sienta un niño y su respectiva silla de seguridad en el asiento del copiloto, se realizan pruebas estáticas para corroborar su adecuado funcionamiento. También se realizan pruebas de choque en las que se debe cumplir con los requerimientos de protección mostrados en la Tabla 2-28, cuando el vehículo impacta una barrera rígida a una velocidad de 26 km/h, si el vehículo posee un sistema de despliegue de la bolsa de aire con un bajo riesgo. Además, se realizan pruebas de funcionamiento en el sistema que desactiva la bolsa de aire cuando detecta que el ocupante del asiento no está en una posición adecuada.

Requerimientos de protección para niños de 6 años de edad

De igual manera que con los niños de 3 años, se realizan pruebas estáticas para determinar si el sistema de supresión automático desactiva la bolsa de aire cuando se coloca el niño de 6 años y su dispositivo de seguridad. También, se corrobora si el sistema de supresión desactiva la bolsa de aire cuando el pasajero está posicionado en una posición incorrecta. Por último, si el vehículo posee un sistema que permita abrir la bolsa de aire de forma poco riesgosa, se realiza una prueba de choque frontal contra una barrera rígida a 26 km/h, con el fin de determinar si no se exceden los índices de lesiones mostrados en la Tabla 2-24.

FMVSS 209 (Cinturones de seguridad)

Este estándar especifica los requerimientos para los cinturones de seguridad.

Los cinturones de seguridad deben ser dispositivos de uso individual, contruidos de forma que no tengan ningún tipo de rebaba o superficies puntiagudas y los bordes de las correas deben estar hechos de manera que se evite la formación de hilachas. Estos deben poder ajustarse tanto al percentil 5 de las mujeres adultas como al percentil 95 de los hombres adultos, y en el caso del cinturón del regazo, éste debe mantener su posición y no debe desplazarse al abdomen. El sistema debe tener un rebobinador automático, un rebobinador de emergencia o un dispositivo para ajustarlos que esté al alcance del ocupante.

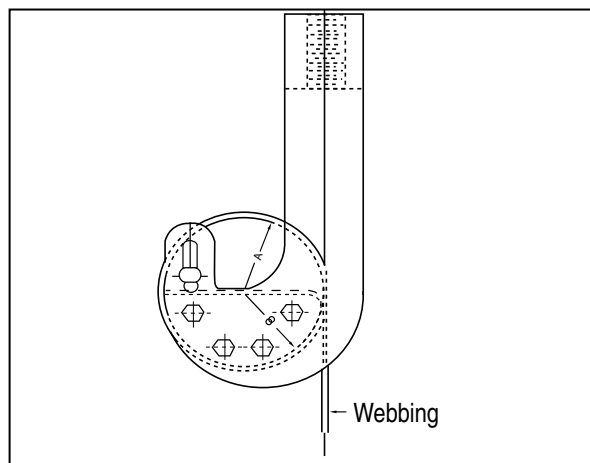
Los cinturones deben poderse abrir por medio de un botón colocado en la hebilla, que sea fácil de acceder. La hebilla debe estar hecha para minimizar la posibilidad de que el sistema se abra accidentalmente y debe poseer sólo una abertura en la cual la lengüeta del cinturón de seguridad se puede enganchar. Además, si se va a instalar un sistema de cinturones de seguridad en algún vehículo, el ensamble de las piezas de los cinturones debe incluir los dispositivos necesarios para instalarlos en el vehículo y el fabricante debe indicar si sirven para cualquier vehículo o sólo para marcas y modelos específicos.

Las correas deben tener un ancho mínimo de 46 mm, y para determinar si van a trabajar adecuadamente, se someten a pruebas de fuerza de ruptura, de elongación, de resistencia a la abrasión, resistencia a la luz y resistencia a microorganismos.

Medición de la fuerza de ruptura:

En esta prueba se colocan las correas en un sujetador como el que se muestran en la Ilustración 2-44. Luego se empieza a aplicar una fuerza de tensión continua hasta que las correas se rompen. De esta manera se comprueba si los cinturones tipo 1 tienen una fuerza de ruptura mínima de 26,689 N; si el cinturón de regazo de los cinturones de seguridad tipo 2 tiene una fuerza de ruptura mínima de 22,241 N, mientras que el cinturón del torso una fuerza de ruptura mínima de 17,793 N.

Ilustración 2-44. Sujetador para las pruebas de tensión en cinturones de seguridad



En esta figura se muestra el sujetador utilizado para medir la fuerza de ruptura de las correas de los cinturones de seguridad. Obtenida del FMVSS 209, 2009.

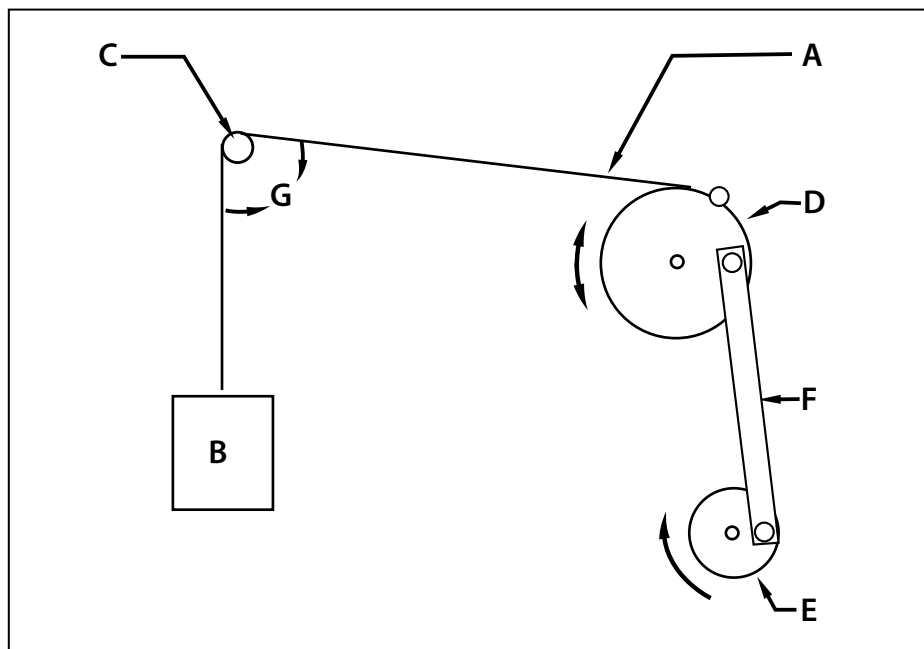
Comprobación de la elongación máxima:

Al mismo tiempo que se realiza la prueba de tensión, se mide la elongación de las correas por medio de un extensiómetro. De esa forma se corrobora que la elongación no sea mayor a un 20% en los cinturones tipo 1; y que no sea superior a un 30% en la correa de regazo de un cinturón tipo 2, ni a un 40% en la correa del torso de un cinturón tipos 2, cuando se aplica una fuerza de 11,120 N.

Resistencia a la abrasión:

Las correas son sometidas a abrasión frotándolas sobre un prisma hexagonal. Esto se realiza colocando un peso de aproximadamente 2.35 kg en un extremo de la correa, mientras que el otro extremo está conectado a un mecanismo que la mueve de manera que el peso suba y baje 2,500 veces a una velocidad de 30 ciclos por minuto, como se muestra en la Ilustración 2-45. Al finalizar la prueba las correas no deben tener una fuerza de ruptura menor al 75% de la fuerza de ruptura mencionada anteriormente.

Ilustración 2-45. Prueba de abrasión en cinturones de seguridad



En esta figura se muestra el sistema utilizado para determinar la resistencia a la abrasión de las correas de los cinturones de seguridad, en el cual se hace subir y bajar un peso que está suspendido del extremo de la correa, mientras que está soportada en el punto C por un elemento hexagonal. Obtenida del FMVSS 209, 2009.

Prueba de resistencia a la luz:

Las correas se exponen a una luz de arco de carbono durante 100 horas. Luego se mide la fuerza de ruptura, la cual no debe ser menor al 60% de la fuerza de ruptura mínima. Por otro lado, las correas deben mostrar una retención del color no menor al No. 2 en la escala de geométrica de grises publicada por la Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles.

Prueba de resistencia a los microorganismos:

En esta prueba las correas se entierran durante dos semanas, con el fin de determinar la degradación de las fibras a causa de los hongos (Latter, y Walton, 1988). Así, al cabo de las dos semanas las correas no deben tener una fuerza de ruptura menor al 85% de la fuerza de ruptura mínima requerida.

No solo las correas son sometidas a examinación, sino que las partes metálicas y plásticas de los sistemas de los cinturones de seguridad también son probadas. Sus pruebas se basan en la determinación de la resistencia a la corrosión, resistencia a la temperatura, resistencia de los elementos de sujeción, fuerza de ajuste, prueba del ajuste de la inclinación de cierre, cerradura de la hebilla, y la comprobación del adecuado funcionamiento de los rebobinadores no bloqueantes, de los rebobinadores de cierre automático y de los rebobinadores de cierre de emergencia.

Prueba de resistencia a la corrosión:

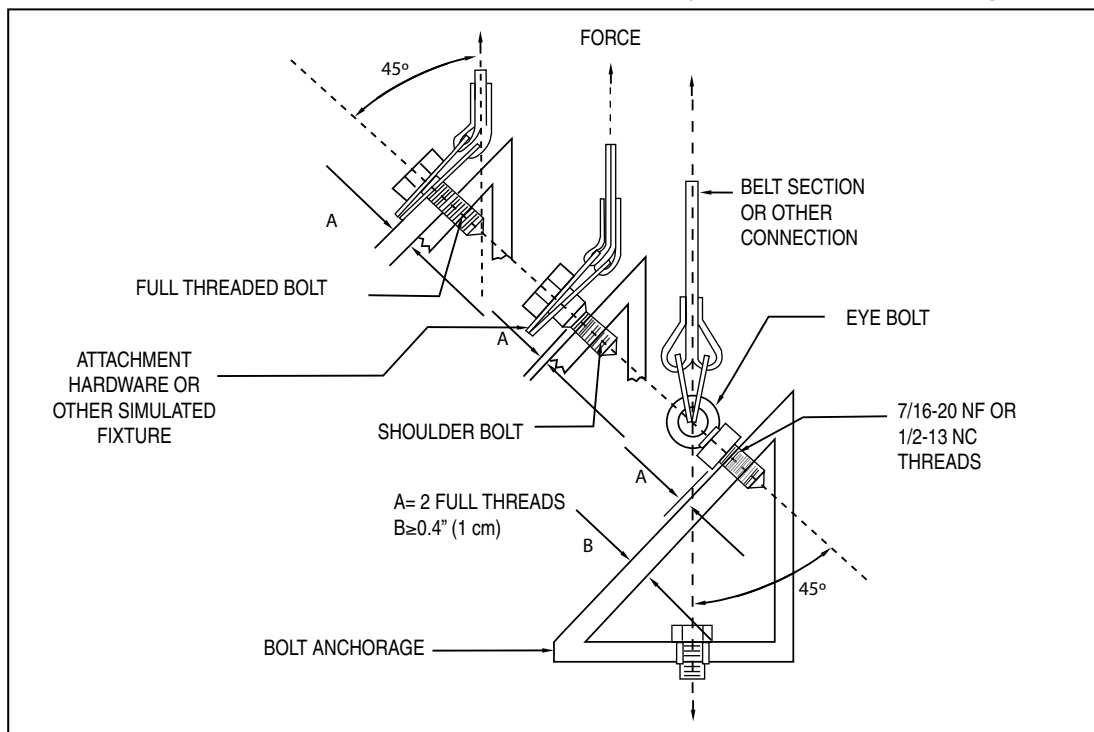
Los ensambles de los cinturones de seguridad son rociados con una solución salina en dos periodos de 24 horas, y al finalizar cada periodo se les deja escurrir durante una hora más. Cabe destacar que en este proceso no se incluyen aquellos componentes que no están hechos para sujetar permanentemente el cinturón. Al finalizar la prueba los elementos de fijación del cinturón al vehículo no deben mostrar corrosión en las superficies más importantes, pero pueden presentar corrosión ferrosa en los bordes esféricos o en el borde de agujeros de los platos de refuerzo y arandelas que van bajo el piso. Como una alternativa, estos elementos metálicos pueden ser recubiertos por medio de electrodeposición de capas de níquel o cobre y níquel, para aumentar su resistencia a la corrosión. No obstante, los elementos metálicos que se usan para fijar los cinturones a los vehículos, tales como la hebilla, no deben presentar corrosión que pueda ser transferida al ocupante.

Prueba de resistencia a altas temperaturas:

En este caso los elementos que no están hechos de materiales metálicos son sometidos a temperaturas que alcanzan los 80°C durante un tiempo de 24 horas en agua o dentro de un horno seco (DOT-NHTSA, 2007b, p.18). Al finalizar la prueba, estas partes no deben deformarse ni deteriorarse, porque esto podría hacer que el sistema funcione de forma incorrecta.

Resistencia estática de los elementos de fijación:

Los tornillos utilizados para fijar el cinturón de regazo al vehículo deben soportar una fuerza de 40,034 N aplicada de forma similar a la condición de carga mostrada en la Ilustración 2-46. Los otros tipos de elementos de sujeción deben soportar una fuerza de 26,689 N cuando se prueban simulando el uso del vehículo.

Ilustración 2-46. Prueba de resistencia estática en los tornillos de fijación de los cinturones de regazo

En esta figura se muestra cómo se aplica la fuerza sobre los tornillos de fijación de las correas de los cinturones de regazo, los cuales se atornillan en un elemento triangular para poder aplicar la fuerza a un ángulo de 45°. Otentidad del FMVSS 209, 2009.

Fuerza de ajuste:

Ciertos cinturones poseen algún tipo de dispositivo manual que permite ajustar el tamaño del cinturón. En tales casos, la fuerza necesaria para poder cambiar el tamaño del cinturón de seguridad no debe ser mayor a 49 N. Esta fuerza se mide utilizando un mecanismo que estira el cinturón a una tasa de 508 mm/min, de manera que se toma la medida cuando el cinturón se ha movido 25 mm.

Ajuste de la inclinación de bloqueo:

Si una hebilla se bloquea a cierto ángulo, el bloqueo debe darse a ángulos mayores a 30°. Esto se determina al utilizar un mecanismo que tira del cinturón de seguridad a una tasa de 508 mm/min, mientras se rota la base lentamente hasta que la correa se detiene, pero se continúa tirando de la polea hasta que se alcance una fuerza de al menos 89 N.

Cerradura de la hebilla:

La hebilla debe poder abrirse al aplicar una fuerza menor o igual a 133 N. Para comprobar su adecuado funcionamiento, la cerradura se somete a 200 ciclos de apertura y cierre, a una velocidad de 30 ciclos por minuto. Al finalizar la prueba el mecanismo no debe fallar, ni desgastarse. Las cerraduras pueden darse por contacto entre la correa y una pieza metálica

y por contacto entre dos piezas metálicas. Si las cerraduras poseen dos piezas metálicas en contacto, se puede dar un cierre parcial, y cuando eso sucede, la fuerza necesaria para abrirla completamente no debe superar los 22 N.

Funcionamiento de los rebobinadores no bloqueantes:

Se somete el rebobinador a diez ciclos de extensión completa y retracción de la correa. Posteriormente se suspenden la correa y el rebobinador verticalmente y se aplica una fuerza de 18 N desde el lado del rebobinador, de manera que la fuerza debe ser reducida a 13 N si se está probando es un cinturón de regazo, y a 5 N si se está probando un cinturón de hombro. Para que el sistema cumpla con el estándar, la extensión máxima de la correa no debe superar los 6 mm.

Funcionamiento de los rebobinadores de bloqueo automático:

Las pruebas para el funcionamiento de estos dispositivos se deben realizar según se especifique en el manual del fabricante. Estos rebobinadores deben aplicar fuerzas mayores a 3 N en el cinturón del regazo y a 2 N en el cinturón del hombro, pero en ninguno de los casos debe sobrepasar los 5 N. Además, los rebobinadores automáticos no deben permitir un movimiento mayor a 25 mm entre cada posición de bloqueo.

Funcionamiento de los rebobinadores de bloqueo de emergencia:

Los rebobinadores son sometidos a pruebas de fuerza de retracción, de bloqueo gravitacional y pruebas dinámicas, cuyos requerimientos pueden variar en función del tipo de rebobinador y del año de fabricación, por lo que las pruebas y requerimientos que se muestran abajo son para sistemas de cinturones de seguridad que fueron hechos a partir del 22 de febrero del 2007.

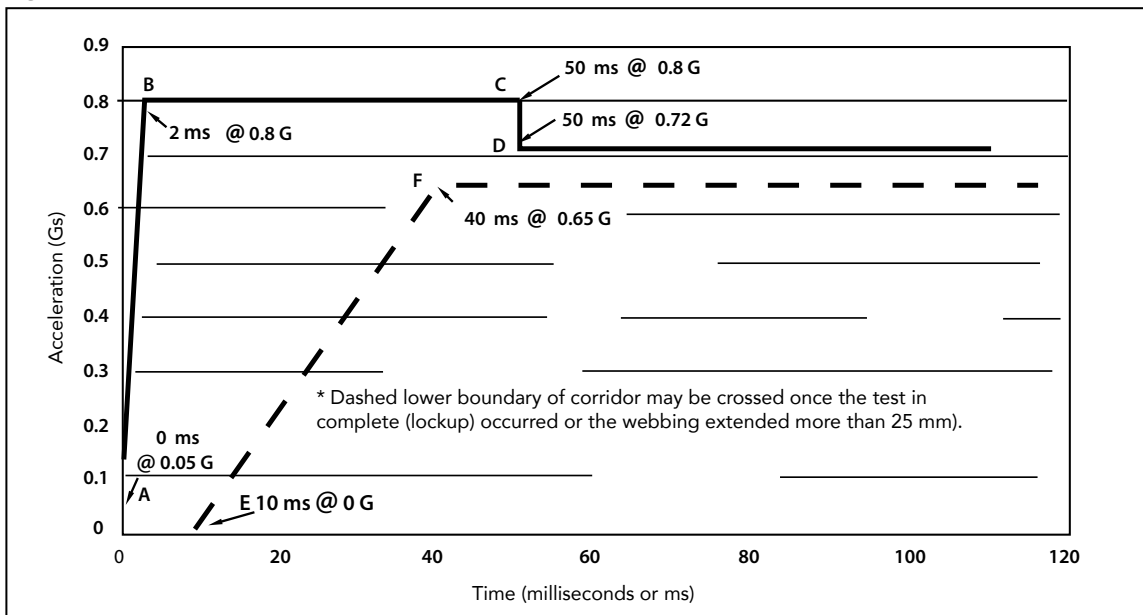
En la prueba de la fuerza de retracción se estira la correa completamente y se mide la fuerza mínima de retracción que se obtiene cuando la correa alcanza un ± 51 mm del 75% de su extensión máxima. Si el rebobinador está unido a correas que restringen el movimiento del hombro y del regazo, la fuerza de retracción no debe ser menor a 1 N pero no debe sobrepasar los 7 N, si él está unido a una correa de regazo, la fuerza de retracción no debe ser menor a 3 N. Además, si el rebobinador está unido solo a la correa del hombro, la fuerza de retracción no debe ser menor que 1 N ni mayor que 5 N.

La prueba de bloque gravitacional se realiza en los rebobinadores que son sensibles a la aceleración del vehículo. Esta consiste en que se rota el rebobinador a cualquier ángulo mayor a 45° del ángulo de instalación y luego se aplica una fuerza mayor a la fuerza mínima registrada en la prueba de la fuerza de retracción. Asimismo, si el rebobinador rota en un ángulo menor o igual a 15° en cualquier dirección con relación a su orientación en el vehículo no debe bloquearse.

En la prueba de aceleración dinámica se acelera el rebobinador a un pulso de aceleración de 0,7 G que debe estar ente los límites indicados en la Ilustración 2-47 y luego se mide la longitud que se movió la correa. En el caso de los rebobinadores que son sensibles a la aceleración del vehículo se comprueba que se bloqueen a un ángulo mayor a 45° o que se bloqueen antes de que la correa se mueva 25 mm. Si los rebobinadores son sensibles al movimiento de la correa, también deben bloquearse antes de que la correa se desplace 25 mm. Estos rebobinadores también son acelerados a 0,3 G para determinar que no se bloqueen antes de que la correa se desplace 51 mm.

Las pruebas que se mencionaron anteriormente sirven para determinar las condiciones de carga que pueden soportar los elementos, así como su adecuado funcionamiento. No obstante, también se deben realizar pruebas de desempeño con el fin de asegurar que los sistemas y subsistemas van a trabajar adecuadamente durante cierto periodo de tiempo y bajo ciertas condiciones de uso, por lo que se deben realizar pruebas de desempeño en los rebobinadores y en los sistemas de los cinturones de seguridad por completo.

Ilustración 2-47. Curvas de aceleración de las pruebas dinámicas de los rebobinadores de los cinturones de seguridad



En esta figura se muestran las curvas de aceleración vs tiempo utilizadas como referencia para determinar si los rebobinadores de bloqueo de emergencia de los cinturones de seguridad cumplen con los requisitos de la prueba de aceleración dinámica. Obtenida de FMVSS 209, 2009.

Desempeño del rebobinador:

Los rebobinadores automáticos y los rebobinadores no bloqueantes que están unidos al cinturón del regazo se someten a un total de 10,000 ciclos. Los rebobinadores de emergencia o los rebobinadores no bloqueantes que van unidos al cinturón del torso son sometidos a 50,00 ciclos. Al cabo de los primeros 2,500 ciclos se someten los sistemas de los cinturones

de seguridad a pruebas de temperatura y luego de otros 2,500 ciclos se les coloca dentro de una cámara de polvo durante cinco horas, entre las cuales las correas se estiran y se encogen varias veces. Al finalizar el proceso, los sistemas deben cumplir con los requerimientos de los rebobinadores sin bloqueo, automáticos y de emergencia, con la diferencia de que las fuerzas de retracción requeridas se reducen a la mitad.

Desempeño del sistema del cinturón de seguridad:

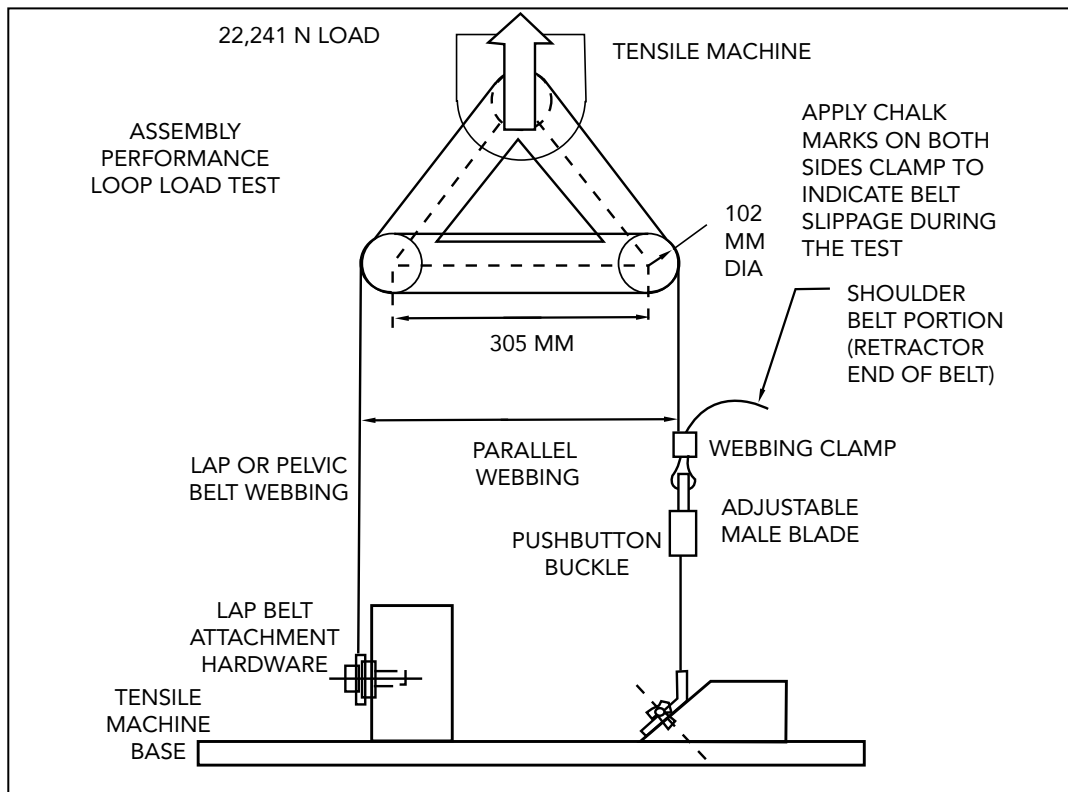
Se montan los sistemas de los cinturones de seguridad en una máquina de tensión como la que se muestra en la Ilustración 2-48, de forma que los cinturones junto con sus componentes forman un lazo cerrado. De esa manera se determina si los sistemas de los cinturones de seguridad cumplen con los requerimientos mostrados en la Tabla 2-25.

Tabla 2-25. Requerimientos de desempeño de los sistemas de cinturones de seguridad

Requerimientos	Tipo 1	Tipo 2	
		Regazo	Hombro
Fuerza mínima requerida (N) de las correas	22,241	11,120	6,672
Extensión máxima de las correas (mm) cuando está sometido a la carga máxima	178	508	508
Fuerza mínima (N) en componentes estructurales	11,120	11,120	6,672
Fuerza mínima (N) en componentes estructurales que sujetan las correas de regazo y torso simultáneamente	—	13,345	13,345
Fuerza mínima (N) cuando se producen cortes en las correas realizados por las partes metálicas o plásticas	18,683	15,569	12,455
Otros requerimientos	No debe ocurrir ninguna fractura completa en las partes metálicas o plásticas del sistema		

Modificada del FMVSS 209, 2009.

Por último, a diferencia de los cinturones de seguridad mencionados anteriormente, los cinturones de seguridad manuales simplemente deben satisfacer los requerimientos establecidos en el FMVSS 208.

Ilustración 2-48. Prueba de desempeño de los sistemas de cinturones de seguridad

En esta figura se muestra el mecanismo utilizado para llevar a cabo las pruebas de desempeño de los sistemas de los cinturones de seguridad, en el que las correas se sujetan en ambos extremos mientras que son tensionados por medio de dos poleas. Obtenida del FMVSS 209, 2009.

FMVSS 210 (Anclajes de los sistemas cinturones de seguridad)

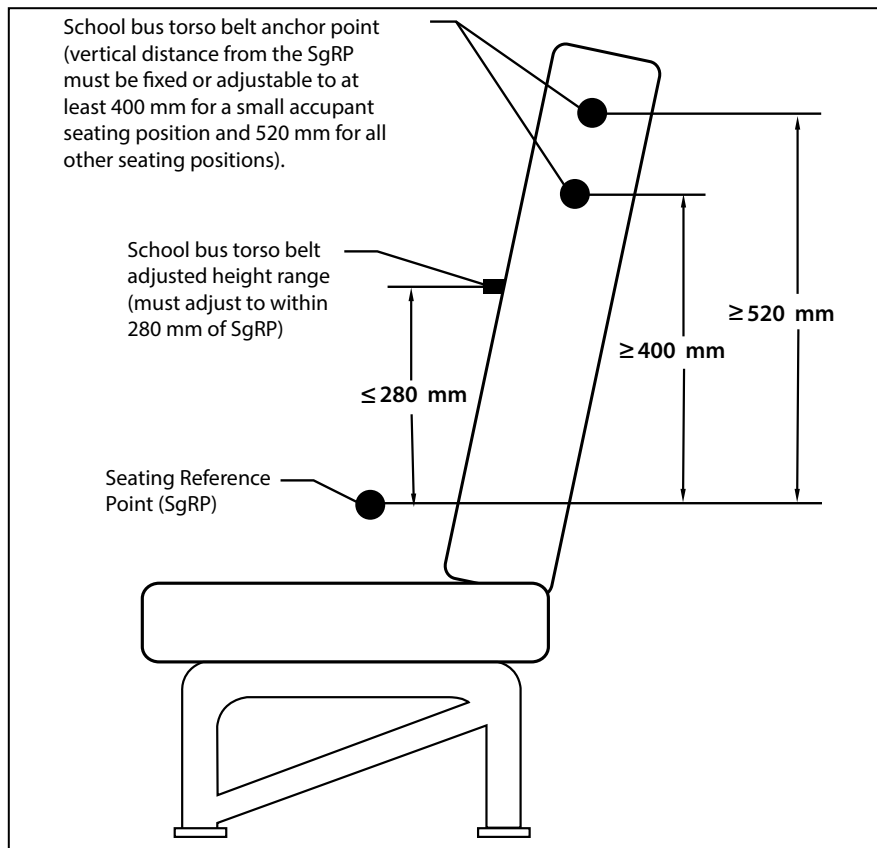
El objetivo de este estándar es establecer los requerimientos acerca de la ubicación adecuada de los anclajes de los sistemas de cinturones de seguridad, para que brinden una adecuada restricción al movimiento de los ocupantes y para reducir la probabilidad de que fallen.

En los anclajes de los cinturones de seguridad se realizan pruebas de resistencia estática, para lo cual los anclajes se deben conectar a un material cuya fuerza de ruptura es igual o superior a la fuerza de ruptura de las fajas de los cinturones. Las pruebas se realizan tanto en los asientos que tienen anclajes de cinturones de seguridad tipo 1 o 2, y en asientos que poseen anclajes para cinturones de seguridad tipo 2 o cinturones de seguridad automáticos.

En los asientos que tiene sistemas de anclaje de cinturones tipo 1 o tipo 2, se aplica una fuerza de tracción de 22,241N en la zona pélvica, de forma paralela a la línea central del vehículo (en la Ilustración 2-36 se muestra el sistema de ejes coordenados de un vehículo) en el caso de los asientos que miran hacia adelante o hacia atrás y perpendicular a la línea central del vehículo en los asientos que miran lateralmente. Para que estos sistemas de anclajes pasen la prueba, cada uno de los puntos de anclaje debe soportar una fuerza mínima de 5,000 lbf [22,241 N].

En los asientos que tienen cinturones de seguridad tipo 2 o sistemas de anclaje automáticos, se aplica una fuerza de 13,345 N, en la zona del torso, y una fuerza de igual magnitud en la zona pélvica, paralelas a la línea central del vehículo en el caso de los asientos que miran hacia adelante o hacia atrás, y perpendicular a la línea de acción del vehículo en el caso de los asientos que miran lateralmente. De esta manera se determina si, cada uno de los puntos de anclaje es capaz de soportar una fuerza de 3,000 lbf [13,345 N], la cual es la fuerza mínima requerida.

Ilustración 2-49. Posiciones de ajuste de los cinturones de seguridad en buses escolares



En esta figura se indican las posiciones de ajuste de los cinturones de seguridad que deben tener los buses escolares. Obtenida del FMVSS 210, 2009

En este estándar también se estipula la posición correcta de los sistemas de cinturones de seguridad que deben tener los autobuses. De esta manera, los anclajes de la correa del hombro de los cinturones de seguridad de los buses escolares deberán poderse ajustar a cualquier altura dentro del rango de 400 mm a 520 mm medidos sobre el punto de referencia de una persona sentada (seating reference point o SgRP⁶), como se aprecia en la Ilustración 2-49. La correa debe poder ajustarse por lo menos a una altura de 280 mm sobre el mismo punto, con el fin de que los cinturones de seguridad sujeten adecuadamente a personas pequeñas y grandes. Además, la distancia mínima lateral entre los puntos de anclaje debe ser de 280 mm en el caso de asientos flexibles y de 330 mm en otros tipos de asientos.

⁶ El punto de referencia de una persona sentada es un punto definido por SAE J1100, que se utiliza como referencia para realizar ciertas mediciones de interés en el diseño de vehículos, el cual simula el punto de pivote del torso humano y el muslo.

FMVSS 212 (Montaje del parabrisas)

En este estándar se especifican los requerimientos de la retención de los parabrisas durante las colisiones, con el fin de reducir la magnitud de las heridas o reducir las muertes. Este estándar se aplica para la mayoría de vehículos con un peso de 4,536 kg o menos.

Para probar que los vehículos tienen el parabrisas montado adecuadamente se realiza una prueba de choque frontal contra una barrera fija a 48 km/h, pero los requerimientos varían dependiendo del tipo de sistema de retención de los ocupantes. Si el sistema de retención es pasivo, o sea que los ocupantes no deben realizar ningún tipo de acción para que él funcione, el vehículo debe ser capaz de retener al menos un 50% de la porción de la periferia del parabrisas en ambos lados de la línea de centro del vehículo durante el impacto, pero si el vehículo posee sistemas de retención activos, debe ser capaz de retener el 75% de la periferia de parabrisas.

FMVSS 213 (Sistemas de retención infantil)

En este estándar se especifican los requerimientos de los sistemas de retención infantil, con el fin de reducir las lesiones que sufren los niños en las colisiones de los vehículos o aviones, incluyendo también los sistemas de retención infantil integrados (sistemas que están incorporados en el vehículo y no son removibles).

Las hebillas y las fajas deben cumplir con los requisitos del estándar FMVSS 209. Además de eso, los sistemas de retención infantil deben ser sometidos a pruebas dinámicas, un ensayo de apertura de la hebilla y a una prueba de protección de la cabeza ante impactos.

Para realizar las pruebas dinámicas se deben montar los sistemas de retención infantil en una plataforma para pruebas o en el caso de los sistemas integrados, se debe llevar a cabo una prueba de choque utilizando el modelo del vehículo para el que fue diseñado. En las pruebas dinámicas se coloca en los dispositivos de retención un maniquí de un niño representativo de la edad apropiada para ese dispositivo. Para esta prueba los sistemas de retención infantil se deben colocar de la manera recomendada por los fabricantes utilizando para ello los sistemas de anclajes especiales o los cinturones de seguridad. Es importante tomar en cuenta que los sistemas de retención infantil se deben colocar viendo hacia adelante o hacia atrás. Una vez colocado el sistema de retención infantil y sujetando el maniquí con los respectivos arneses o cinturones de seguridad, se acelera la plataforma para simular un impacto frontal.

Los parámetros de velocidad y aceleración a los que se debe dar la colisión dependen del tipo de dispositivo de retención infantil, ya que algunos poseen superficies movibles, fajas especiales, entre otras diferencias constructivas. Por lo tanto, algunos sistemas son probados a una velocidad de impacto de 48 km/h, procurando que la curva de aceleración se mantenga dentro de los rangos mostrados en la Ilustración 2-50; mientras que otros son probados a una velocidad de impacto de 32 km/h, con una función de aceleración que se mantenga dentro de la curva indicada en la Ilustración 2-51.

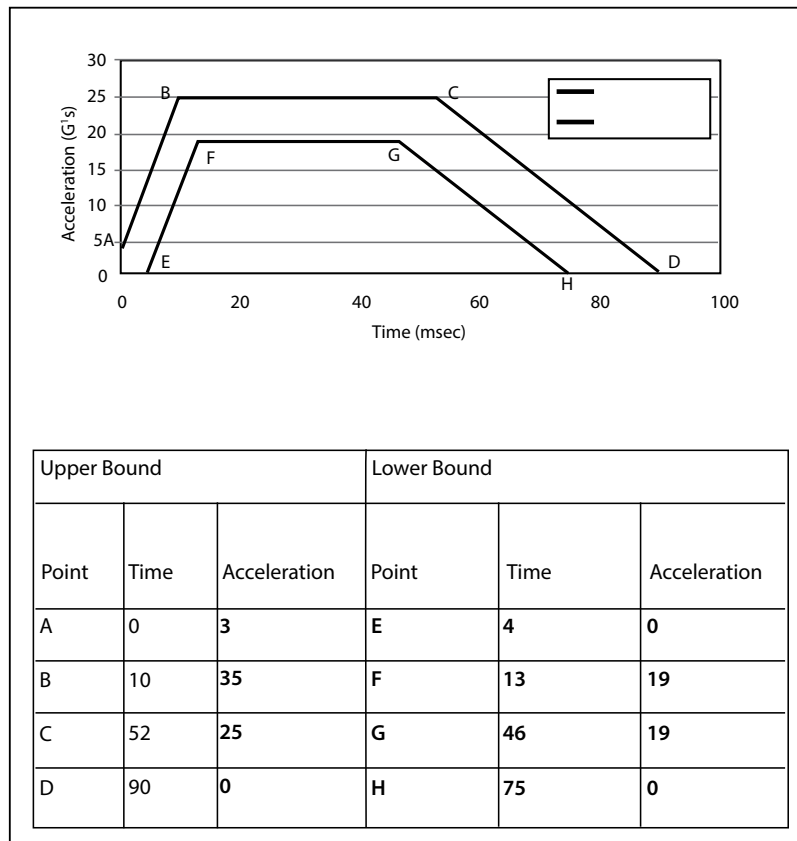
El objetivo de llevar a cabo los ensayos de impacto es determinar la resistencia de los sistemas de retención infantil, los parámetros de aceptabilidad biomecánica y el movimiento del niño que está siendo protegido por determinado sistema. Por lo tanto, al finalizar la prueba no se deben apreciar separación

completa de los elementos diseñados para soportar las cargas inerciales y ninguna separación parcial debe presentar protuberancias o superficies peligrosas, entre otros requerimientos.

Los parámetros de aceptación biomecánica deben mantenerse dentro de los siguientes límites:

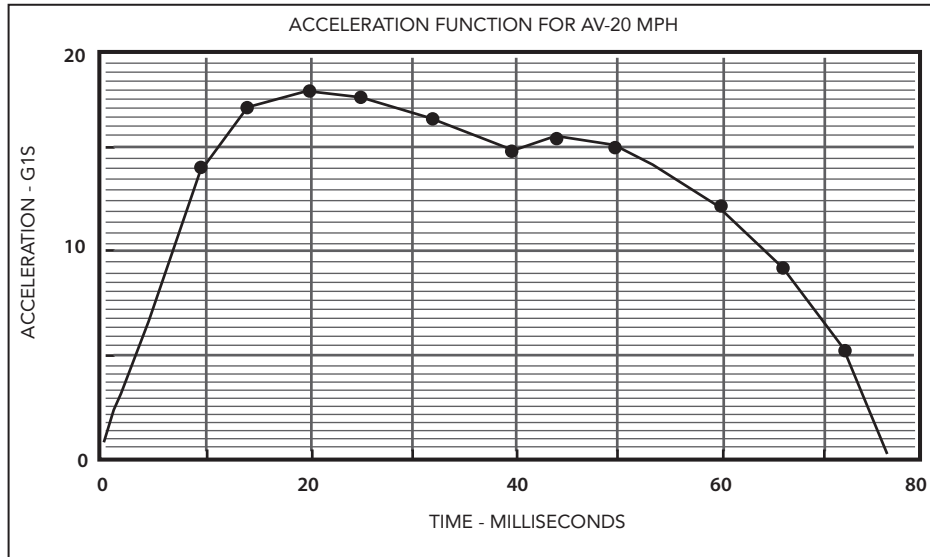
- $HIC \leq 1,000$.
- Aceleración de la parte alta del tórax $\leq 60 \text{ G}$, excepto para intervalos con una duración acumulada de no más de 3 ms.
- Las rodillas no se deben desplazar hacia adelante más de 305 mm o 915 mm (dependiendo del tipo de sistema de retención infantil).
- La cabeza no se debe desplazar hacia adelante más de 720 mm u 813 mm (dependiendo del tipo de sistema de retención infantil). En el caso de los dispositivos de retención infantil que se colocan viendo hacia atrás la cabeza no debe desplazarse más allá de los límites indicados en la Ilustración 2-52.

Ilustración 2-50. Curva de aceleración en las pruebas del tipo I, para estudiar el desempeño de los dispositivos de retención infantil



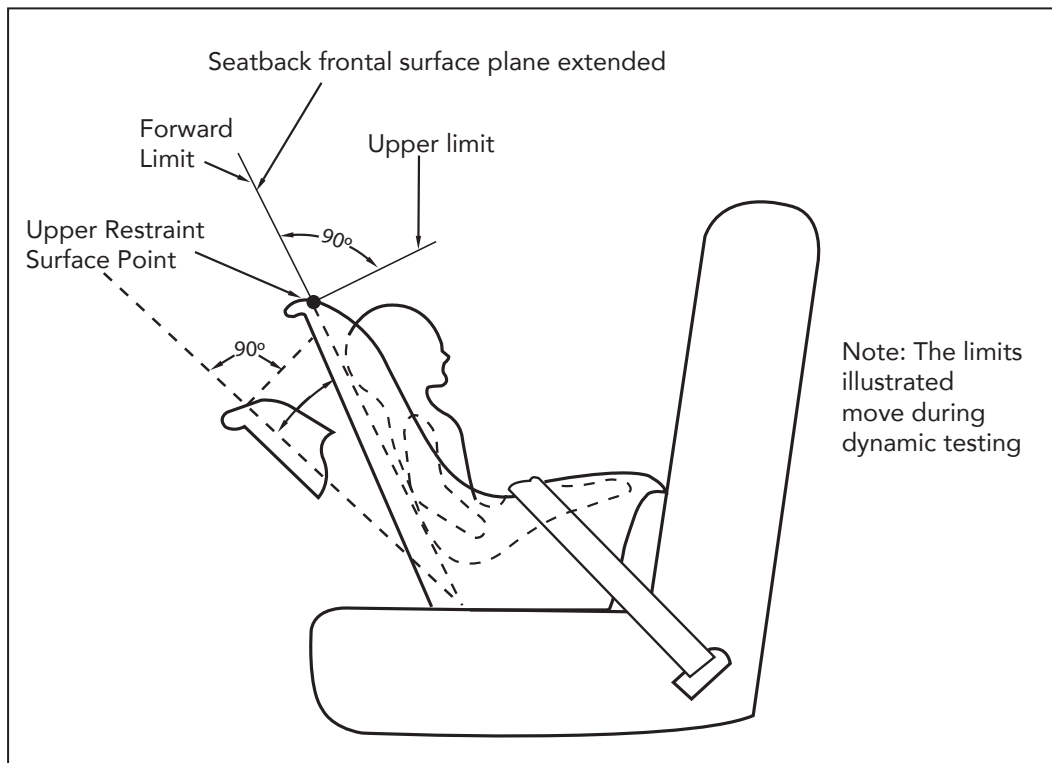
Obtenida del FMVSS 213, 2011.

Ilustración 2-51. Curvas de aceleración en las pruebas del tipo II, para estudiar el desempeño de los dispositivos de retención infantil.



Obtenida del FMVSS 213, 2011.

Ilustración 2-52. Límites máximos del desplazamiento de la cabeza permitidos para los sistemas de retención infantil que se colocan viendo hacia atrás

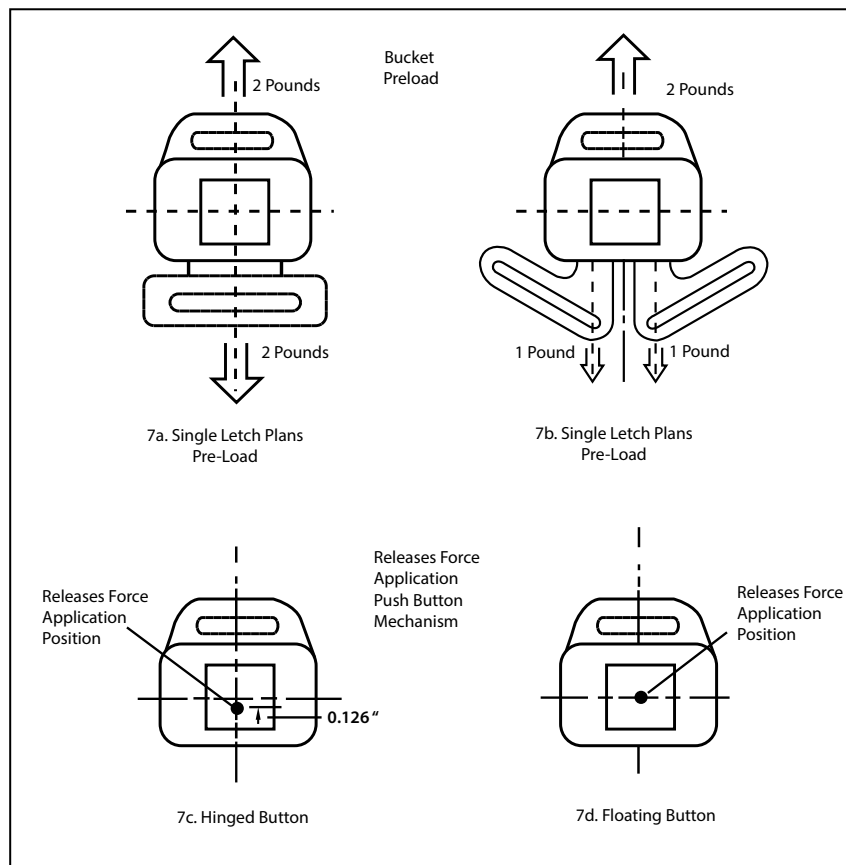


Obtenida del FMVSS 213, 2011.

Antes de llevar a cabo el ensayo de apertura de la hebilla, se debe aplicar una precarga de 9 N sobre los anclajes de la hebilla, tirando de ellos en una dirección tal que se le trate de alejar de la hebilla (ver Ilustración 2-53). La prueba consiste en aplicar una fuerza en el centro del botón de la hebilla para abrirla. La magnitud de la fuerza de prueba de apertura requerida depende de la etapa de pruebas que se llevan a cabo en el dispositivo, ya que antes de someter el dispositivo a la prueba de impacto dinámica, la hebilla no debe poder abrirse cuando se aplica una fuerza menor a 40 N, y debe poder abrirse cuando se aplica una fuerza de hasta 62 N, pero después de la prueba de impacto la hebilla debe poder abrirse con una fuerza de hasta 71 N.

Sin embargo, después de aplicar las pruebas de impacto, pero antes de que se lleve a cabo la segunda apertura de la hebilla, se debe realizar otro ensayo que consiste en amarrar las extremidades del maniquí que está montado en el sistema de retención infantil y aplicar las fuerzas mostradas en la Tabla 2-26, tal y como lo muestra la Ilustración 2-54. Mientras se están aplicando tales fuerzas se aplica la fuerza de apertura de la hebilla con el objetivo de probar que ésta no exceda los 71 N.

Ilustración 2-53. Aplicación de fuerza de precarga y de apertura de las hebillas de los sistemas de retención infantil



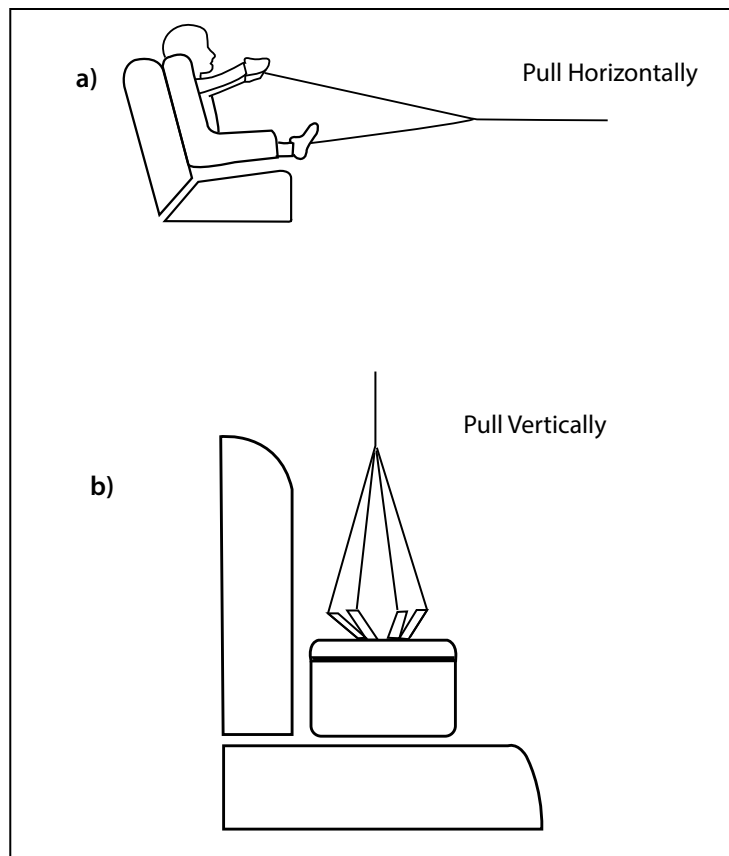
Obtenida del FMVSS 213, 2011.

Tabla 2-26. Magnitud de las fuerzas aplicadas en las extremidades de los maniquíes durante las pruebas de apertura de las hebillas

Tipo de maniquí	Fuerza (N)
Recién nacido	50
Niño de 9 mese	90
Niño de 1 año	90
Niño de 3 años	200
Niño de 6 años	270
Niño de 6 años ponderado	350

Modificada del FMVSS 2013, 2011.

Ilustración 2-54. Aplicación de fuerzas en las extremidades de los maniquíes durante la prueba de apertura de las hebillas



Obtenida del FMVSS 213, 2011.

La parte interna de los sistemas de retención infantil que puede entrar en contacto con la cabeza de los niños debe estar hecha con materiales capaces de absorber la energía del impacto y que se recuperan de la deformación lentamente. Por lo tanto, tales materiales deben ser sometidos a una prueba de compresión-deflexión según lo estipulado en las normas ASTM D1056-73, D1564-71 o D1565-76. De acuerdo con la norma ASTM D1056-73, para llevar a cabo tal prueba se necesita una máquina que sea

capaz de comprimir el material a una razón comprendida en el rango 12.5 – 50.8 mm/min, gentilmente y sin impactarlo, máquina que debe estar equipada con un instrumento que permita medir la deflexión mientras se aplica la carga. La prueba consiste en apilar varias capas del material hasta alcanzar el espesor cercano a 12.7 mm, sosteniéndolas con unas placas metálicas paralelas. Luego se comprime la pila de capas hasta que su espesor se ha reducido en un 25%. Las características requeridas por el FMVSS 213 son las siguientes:

- a. Al 25% de la compresión-deflexión, la resistencia debe estar en el rango 0.5 psi – 10 psi [3.45 kPa – 68.9 kPa].
- b. Si el material tiene una resistencia entre 1.8 psi y 10 psi [12.4 KPa y 68.9 kPa] al 25% de la compresión-deflexión, su espesor debe ser de ½ in [12.7 mm]; pero si su resistencia es menor que 1.8 psi [12.4 kPa], su espesor debe ser de ¾ in [19.05 mm].

FMVSS 214 (Protección contra impactos laterales)

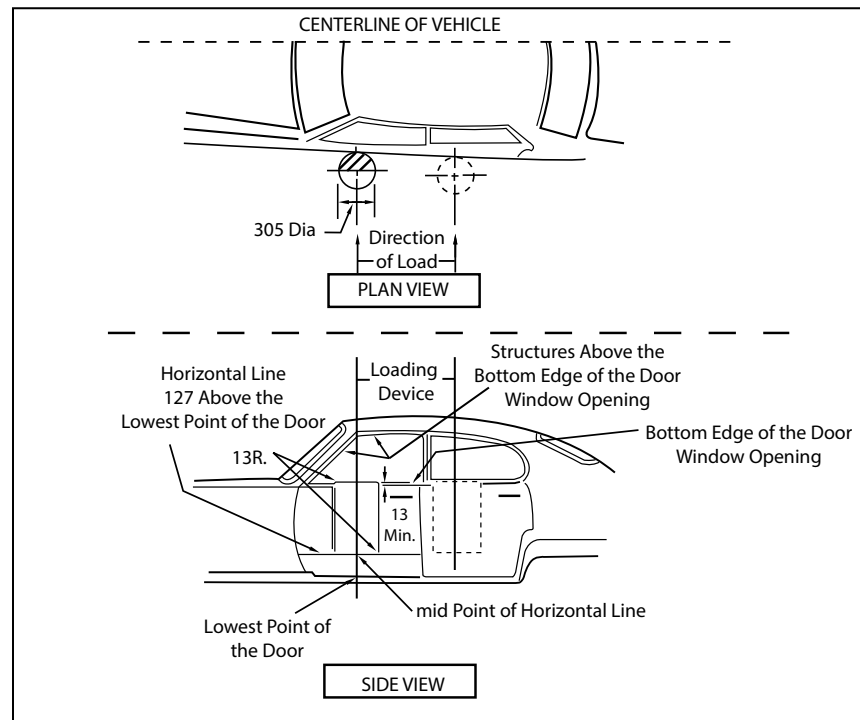
En este estándar se especifican los requerimientos de la resistencia de las puertas laterales, para reducir las heridas o el riesgo de muerte cuando se producen colisiones laterales. Aplica a la mayoría de los vehículos con un peso de 4,536 kg o menos.

Para determinar la resistencia al impacto de las puertas, se fija el vehículo firmemente y se comienza a presionar un objeto cilíndrico contra las puertas (como se puede ver en la Ilustración 2-55) de manera que se puedan tomar datos de las fuerzas aplicadas en función de la distancia que se desplaza el cilindro, logrando así trazar una curva de fuerza contra distancia. La fuerza se aplica continuamente hasta que el cilindro se desplaza 457 mm. Las pruebas se realizan con y sin asientos, y se utilizan como criterios de aceptación la fuerza inicial, la fuerza media y la fuerza pico. En la Tabla 2-27 se muestran los valores de las fuerzas mínimas requeridas.

Tabla 2-27. Fuerzas mínimas requeridas en las pruebas de resistencia a impactos laterales

Protección lateral contra colisiones	Fuerza mínima requerida en Newtons	
	Sin asientos	Con asientos
Resistencia inicial	10,000	10,000
Resistencia media	1,557	1,946
Resistencia pico	3,114	5,338

Modificada del FMVSS 214, 2009.

Ilustración 2-55. Prueba de resistencia de las puertas ante impactos laterales

En esta figura se representa el proceso a seguir para llevar a cabo las pruebas de resistencia de las puertas laterales ante colisiones, en las que se aplica una fuerza por medio de un cilindro en las puertas del vehículo. Obtenida del FMVSS 214, 2009.

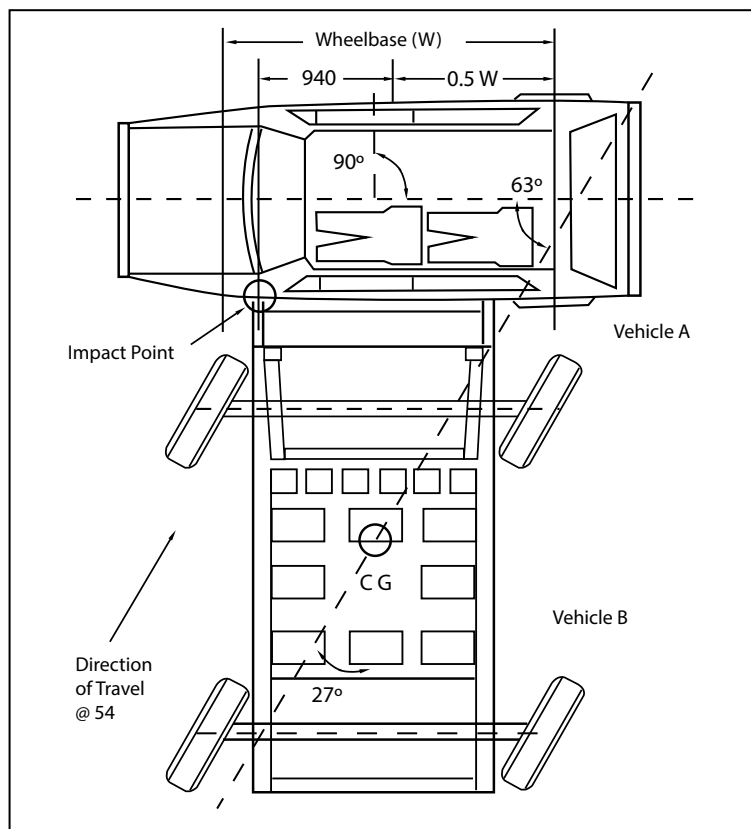
La prueba de la resistencia a los choques laterales no es la única prueba que se realiza, sino que se llevan a cabo pruebas de choque lateral contra una barrera deformable móvil y contra un poste rígido. En la prueba contra una barrera deformable móvil (ver Ilustración 2-56) se mantiene el vehículo estático y se le impacta el vehículo a una velocidad de 53 km/h con una barrera deformable móvil a ambos lados, para analizar el daño producido en los ocupantes. Para ello se colocan maniqués antropomórficos tanto en el asiento del frente como en el de atrás, del lado donde impacta la barrera.

Las pruebas que se realizan y los requerimientos dependen del año de construcción del vehículo. Si el vehículo fue hecho antes del 1 de setiembre del 2010 el nivel de protección de los ocupantes se mide a partir del índice del trauma torácico (TTI (d) por sus siglas en inglés) y de la aceleración de la pelvis. El TTI (d) se determina al medir la aceleración pico de las costillas y la aceleración de la parte baja de la espina dorsal, y se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$TTI(d) = \frac{1}{2} (G_R + G_{LS}) \quad (XIV)$$

Donde G_R es la aceleración pico mayor que tuvo la costilla superior o la inferior y G_{LS} es la aceleración pico de la parte baja de la espina dorsal, ambas expresadas como múltiplos de la gravedad y se miden en un maniquí antropomórfico especial para estudiar los impactos laterales llamado SID. Los valores requeridos del TTI (d) dependen del tipo de vehículo que se está analizando, por lo que su valor no debe ser mayor a 85 G en los vehículos de pasajeros de cuatro puertas laterales, vehículos multipropósito, camiones y buses, mientras que para los vehículos de pasajeros de dos puertas laterales el TTI (d) no debe sobrepasar los 90 G. Además, la aceleración de la pelvis no debe ser superior a 130 G para que el vehículo cumpla con los requisitos.

Ilustración 2-56. Prueba de choque contra una barrera deformable móvil



En esta figura se indica cómo se utiliza una barrera móvil deformable para realizar la prueba de impacto lateral. Nótese que la barrera viaja a un ángulo de 27° con respecto a un eje perpendicular al vehículo. Obtenida del FMVSS 214, 2009.

En cierto porcentaje de los vehículos que fueron hechos el 1 de setiembre del 2010 o después, los requerimientos son distintos, ya que se utilizan maniquíes más avanzados que permiten controlar más parámetros. Así, en los asientos delanteros se utilizan maniquíes antropomórficos cuyas dimensiones corresponden a las de un hombre adulto promedio mientras que en los traseros se colocan maniquíes cuyas dimensiones corresponden al percentil 5 de las mujeres adultas, de manera que se pueden tomar diferentes medidas en cada maniquí.

En el caso del hombre adulto promedio el HIC_{36} no debe ser superior a 1,000, la deflexión máxima de cualquier costilla no debe sobrepasar los 44 mm, la suma de las fuerzas abdominales no debe ser mayor a 2,500 N y la fuerza aplicada en el punto de unión de los huesos en la zona púbica no debe ser superior a 6,000 N.

Al igual que en el caso anterior, el HIC_{36} del 5 percentil de las mujeres adultas no debe ser mayor a 1,000, pero no se miden las fuerzas mencionadas anteriormente. En su lugar, lo requerido es que la aceleración de la parte baja de la espina dorsal no sea mayor a 82 G, y la suma de las fuerzas acetabulares y pélvicas no debe superar los 5,525 N.

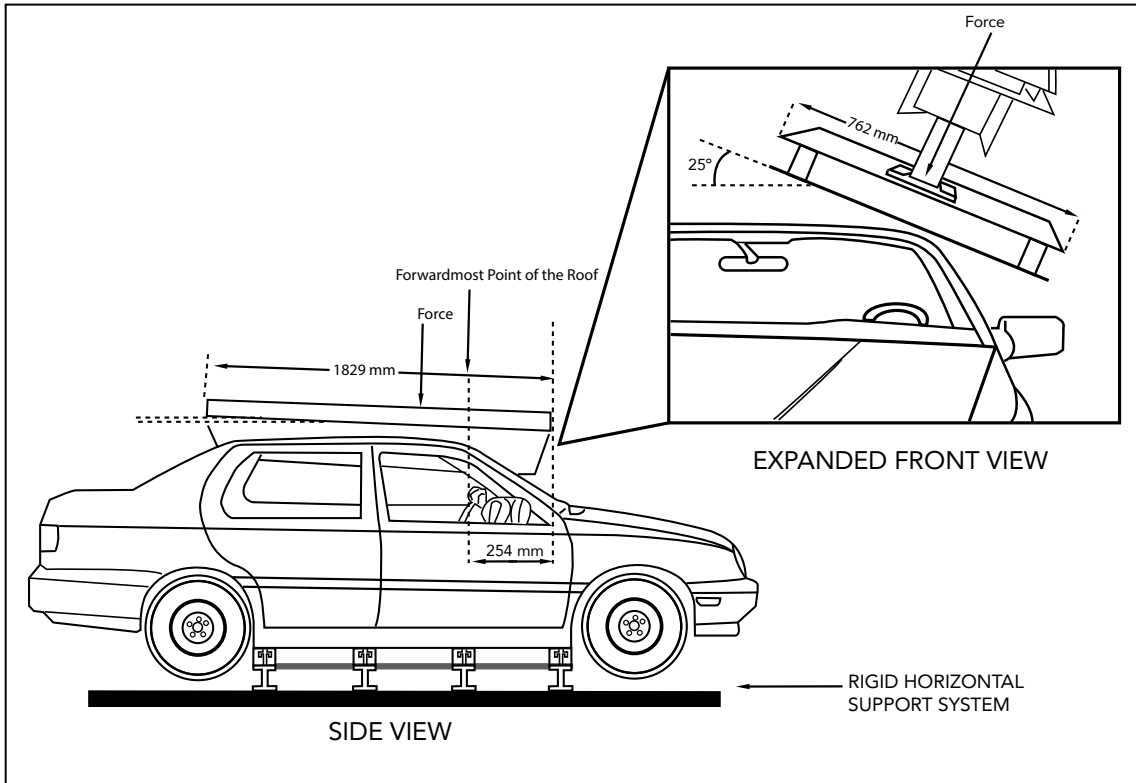
Además de la prueba de choque lateral contra una barrera deformable móvil, se realiza una prueba de choque lateral contra un poste, en la cual se deben cumplir con los mismos requerimientos de daño en los ocupantes, indicados para el hombre adulto promedio y el percentil 5 de las mujeres adultas estipulados para la prueba de choque contra la barrera. La prueba de choque lateral contra un poste consiste en colisionar el vehículo por ambos lados contra un poste a una velocidad de 32 km/h. A diferencia de la prueba del choque lateral contra la barrera, en esta prueba el poste se mantiene estacionario y se impulsa el vehículo lateralmente contra él a un ángulo de 285° con respecto a la línea de centro del vehículo.

FMVSS 216a (Resistencia al aplastamiento del techo)

En este estándar se especifican los requerimientos de la resistencia al aplastamiento del techo de ciertos vehículos cuyo peso es de 4,536 kilogramos o menos, con el fin de reducir las muertes y lesiones causadas por la intrusión del techo dentro de la cabina durante el aplastamiento.

Para comprobar que el techo de los vehículos cumple con este estándar se montan los vehículos sobre una plataforma de manera que sus llantas queden guindando, y se aplica una fuerza de aplastamiento sobre uno de los costados del techo con una plancha, y luego se repite el proceso en el otro costado, como se muestra en la Ilustración 2-57.

Para que el techo de los vehículos satisfaga lo requerido por el FMVSS 216a, el dispositivo de aplastamiento no debe bajar verticalmente más de 127 mm, después de que entró en contacto con el techo. Además, la fuerza aplicada sobre un dispositivo de medición con la forma de una cabeza humana, cuyas dimensiones corresponden a la de un hombre adulto promedio, no debe superar los 222 N.

Ilustración 2-57. Prueba de resistencia del techo al aplastamiento

En esta figura se muestra el proceso que se sigue a la hora de determinar la resistencia del techo de los vehículos, en el que se coloca el vehículo sobre un soporte de forma que las llantas queden suspendidas sobre el suelo, y se aplica una fuerza de compresión en el techo por medio de una plancha. Obtenida del FMVSS 216a, 2009.

FMVSS 217 (Salidas de emergencia, retención y liberación de las ventanas de los buses)

En este estándar se establecen los requerimientos para la retención de las ventanas de los buses (excepto los parabrisas) y las fuerzas, dimensiones y señalización adecuada de las salidas de emergencia, con el fin de reducir la posibilidad de que los pasajeros salgan expulsados de los autobuses y asegurar que las salidas de emergencia sean de fácil acceso. Aplica a los buses, a excepción de los buses especialmente diseñados para transportar personas que están físicamente restringidas.

Para probar que las estructuras de los autobuses proveen una adecuada retención de las ventanas se aplica una fuerza perpendicular a la ventana en el centro de la misma, la cual trata de separarla del marco. La magnitud de la fuerza va creciendo hasta que se alcanzan las siguientes condiciones: se llega a los 1,200 lbf [5.34 kN], se generan grietas en aproximadamente el 80% del espesor del vidrio o la superficie interna del cristal en el punto de aplicación de la carga se movió una distancia igual a la mitad de la raíz cuadrada de la mínima dimensión de la ventana, medida desde el centro de su área. Para que la ventana cumpla con los requerimientos, no se debe crear una separación mayor a 4 in [10.16 cm] al realizar esta prueba.

La cantidad de salidas de emergencia depende de la cantidad de personas que pueden viajar sentadas en el autobús. El área libre de escape requerida en los buses que no son dedicados al transporte de estudiantes, debe tener un valor mayor o igual (en cm^2) al total de pasajeros sentados, incluyendo al conductor, multiplicado por 432. La configuración de las salidas de emergencia depende del peso del vehículo. Si el autobús posee un peso menor a 10,000 lbf [44.5 kN], puede tener ventanas de emergencia, puertas o algún otro dispositivo que permita satisfacer el área de escape requerida. Pero si su peso es mayor o igual a 10,000 lbf [44.5 kN], el autobús debe tener salidas de emergencia laterales y al menos una salida de emergencia.

Las salidas de emergencia deben estar diseñadas de manera que puedan ser abiertas por un solo pasajero, y ellas pueden tener como máximo dos mecanismos para abrirlas. Si la salida de emergencia posee sólo un mecanismo, se deben aplicar dos fuerzas distintas para poder abrir la salida. Si la salida de emergencia posee dos mecanismos de apertura, sobre cada mecanismo solo se debe aplicar una fuerza para liberarla.

Las salidas de emergencia son sometidas a pruebas para determinar las fuerzas necesarias para la apertura y evaluar su extensión o rango de movimiento. Las salidas de emergencia se clasifican en dos categorías, las de baja fuerza y las de alta fuerza de apertura. Las de baja fuerza de apertura pueden tener un movimiento rotatorio o en línea recta hacia afuera, y la fuerza máxima de apertura debe ser de 20 lbf [89 N]. Por otro lado, las salidas de emergencia de alta fuerza de apertura se abren sólo en línea recta hacia afuera, y su fuerza debe ser de 60 lbf [266.9 N].

Las salidas de emergencia de los buses escolares deben poder abrirse por una sola persona por ambos lados, y debe poder abrirlas sin necesidad de utilizar ningún tipo de herramienta ni control remoto. Al igual que en los buses que no se utilizan para el transporte de estudiantes, las salidas de emergencia se pueden clasificar en las de baja fuerza de apertura o alta fuerza de apertura, pero la diferencia radica en que la fuerza máxima de apertura es de 89 N para las de baja fuerza de apertura y de 178 N en las de alta fuerza de apertura. La cantidad de salidas de emergencia que debe tener un bus escolar depende de la capacidad de personas sentadas que puede transportar y de la configuración de las salidas de emergencia que se desean instalar, como se muestra en la Tabla 2-28.

Las salidas de emergencia deben estar identificadas por medio de letras en mayúscula, como por ejemplo, PUERTA DE EMERGENCIA, y deben tener indicaciones claras y breves acerca de cómo usarlas.

Tabla 2-28. Salidas de emergencia adicionales para buses escolares

Cantidad de pasajeros sentados		Salidas de emergencia adicionales
Si el bus escolar posee una puerta de emergencia en la parte de atrás	Si el bus escolar posee una puerta de emergencia al lado izquierdo y una ventana de emergencia trasera	
1-45	1-57	Ninguna
46-62	58-74	1 puerta de emergencia a la izquierda o 2 ventanas de emergencia
63-70	75-82	1 puerta de emergencia a la izquierda o 2 ventanas de emergencia y una salida de emergencia en el techo
71 o más	83 o más	1 puerta de emergencia a la izquierda o 2 ventanas de emergencia y una salida de emergencia en el techo y cualquier combinación de puerta, ventana o salida de emergencia por el techo que brinde una capacidad de evacuación mayor a la capacidad de pasajeros sentados, como se muestra abajo
Combinaciones de ventana, puerta y salida de emergencia de techo		
Puerta lateral		16
Ventana		8
Salida de emergencia de techo		8

Modificada del FMVSS 217, 2009.

FMVSS 218 (Cascos para motociclistas)

El objetivo de este estándar es especificar los requerimientos de seguridad de los cascos para motociclistas con el fin de reducir las muertes y lesiones producidas por golpes en la cabeza.

Para determinar si los cascos cumplen con los requisitos, estos son sometidos a pruebas de atenuación de impactos, de penetración y del sistema de retención. Antes de realizar las pruebas los cascos deben ser condicionados a diferentes temperaturas para estudiar si son adecuados para diversas condiciones ambientales. Por lo tanto, las muestras de los cascos son sometidas a las siguientes condiciones ambientales:

- **Temperatura ambiente:**

Se exponen unos cascos a una temperatura de 21°C y a una humedad relativa de 50% durante 12 horas.

- **Baja temperatura:**

Otros cascos se someten durante 12 horas a una temperatura de -10°C.

- **Alta temperatura:**

Otros cascos se exponen una temperatura de 50°C por un periodo de 12 horas.

- **Inmersión en agua:**

Se sumergen otros cascos en agua a 25°C durante 12 horas.

Para estudiar la capacidad de atenuación de impactos, se deja caer el casco libremente, pero de forma guiada, sobre la cara plana de un cilindro de acero o sobre una semiesfera de acero, tomando en cuenta que el casco debe estar colocado en un instrumento con forma de cabeza que permite medir la aceleración en el momento del impacto. Cada casco debe ser impactado en cuatro lugares distintos, zonas que deben estar dentro del área sombreada indicada en la Ilustración 2-58. Cabe destacar que las características del impacto dependen de la geometría de la superficie sobre la cual se deja caer el casco, como lo indica la Tabla 2-29.

Tabla 2-29. Prueba de impacto de los cascos de motociclistas

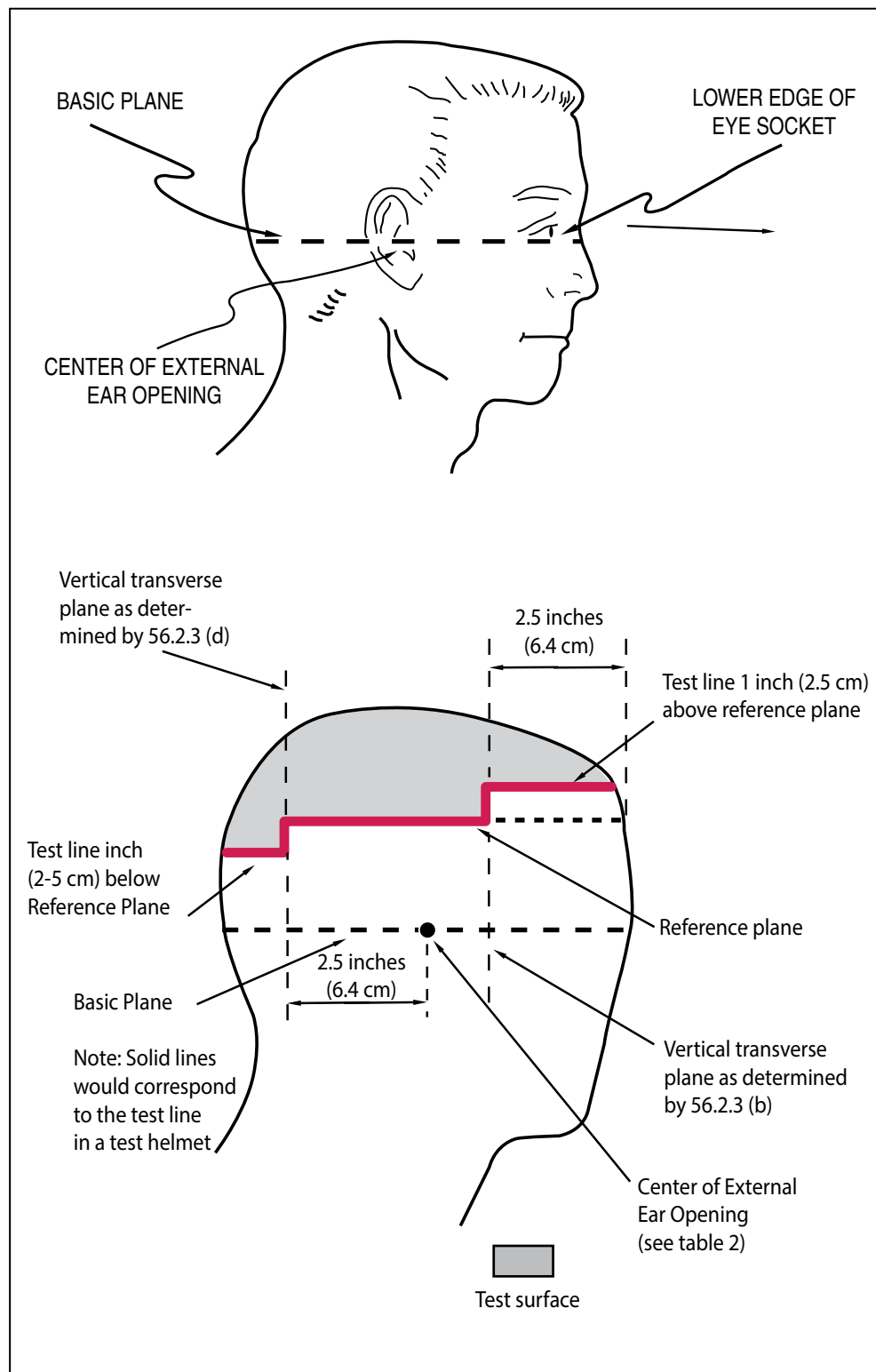
Tipo de superficie	Velocidad mínima (m/s) al momento del impacto	Altura mínima de la cáda (cm)
Cara plana de un cilindro de acero	6.0	182.9
Punta semiesférica de acero	5.2	138.4

Modificado del FMVSS 218, 2011.

Al finalizar la prueba la aceleración pico no debe exceder los 400 G, las aceleraciones que exceden los 200 G no deben durar un periodo acumulado mayor a dos segundos y las aceleraciones que exceden los 150 G no deben durar un periodo acumulado mayor a cuatro segundos, para poder cumplir satisfactoriamente con los requisitos.

La prueba de penetración consiste en dejar caer verticalmente un indentador en diversos puntos del casco, siempre y cuando tales puntos se encuentren sobre la línea de prueba mostrada en la Ilustración 2-58. El indentador debe caer libremente, pero de forma guiada, desde una altura de 3 m, además debe ser metálico, tener una masa de 3 kg, tener una punta cónica a un ángulo de 60° y su punta debe tener una dureza de 60 en la escala Rockwell C. El casco debe estar colocado sobre una horma de cabeza y la prueba se considera satisfactoria si el indentador no logra entrar en contacto con tal objeto.

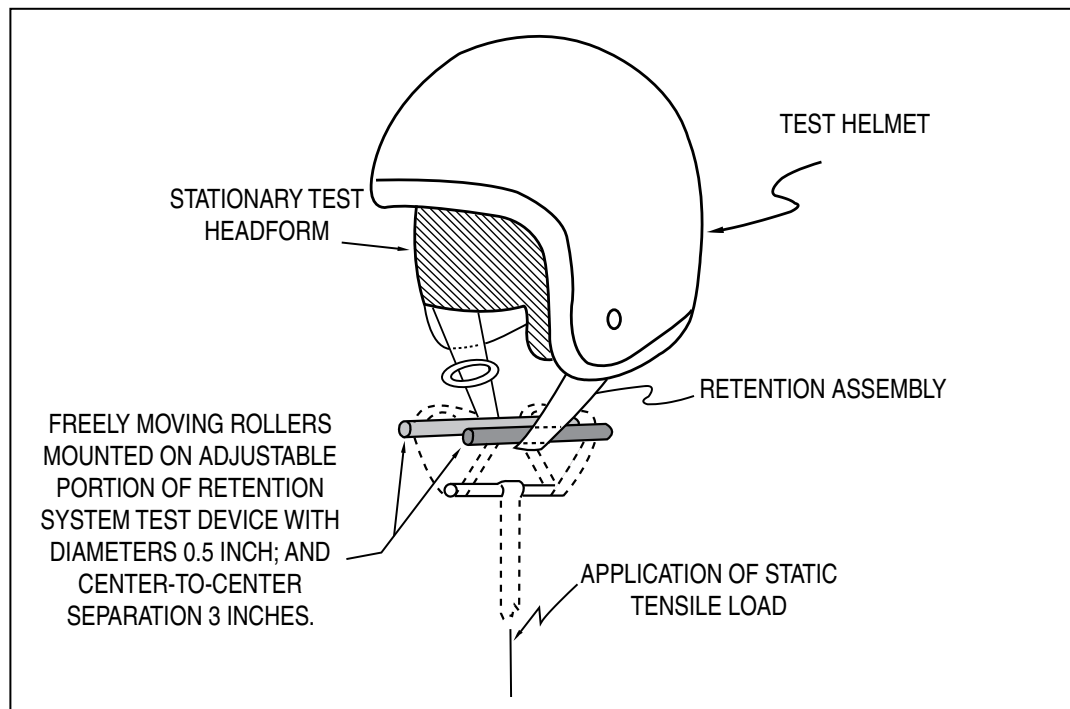
Ilustración 2-58. Determinación del área de choque para las pruebas de atenuación de impacto de los cascos para motociclistas



Modificada del FMVSS 218, 2011

Por último, la prueba del sistema de retención consiste en aplicar una carga de tensión estática en las fajas, como lo muestra la Ilustración 2-59. Primero se aplica una precarga de 22.7 kg durante 30 segundos. Luego se aplica una carga adicional de 113.4 kg y se mantiene durante 120 segundos. Al finalizar el tiempo de prueba, el sistema de retención debe ser capaz de soportar la carga sin que se produzca ningún tipo de separación, la parte ajustable no debe moverse más de 2.5 cm y en el caso de que posea varios elementos ajustables, cada uno de ellos debe cumplir con el mismo requisito de forma independiente.

Ilustración 2-59. Prueba de los sistemas de retención de los cascos para motociclistas

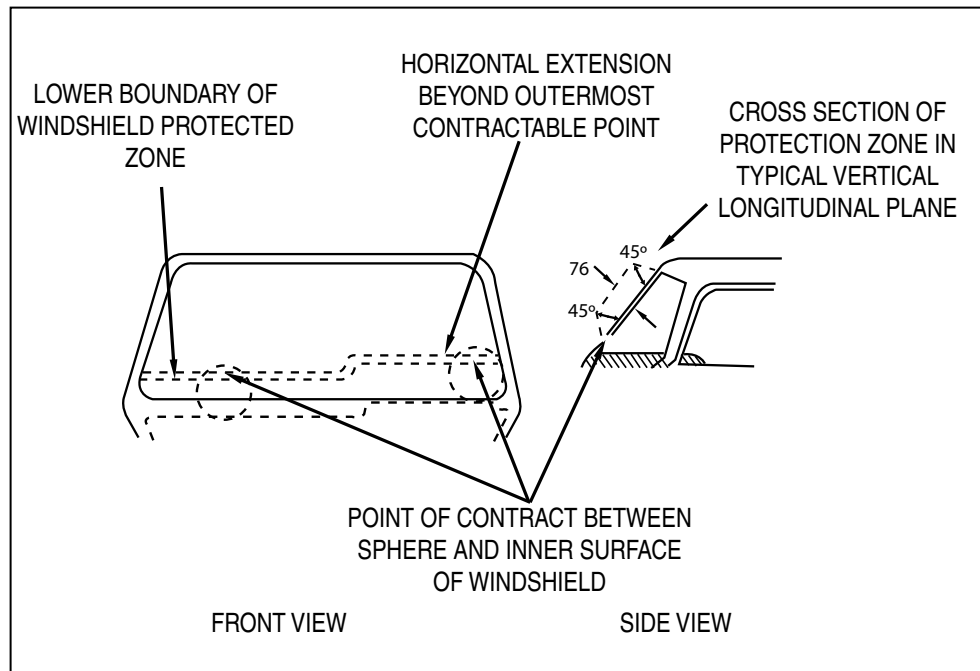


Obtenida del FMVSS 218, 2011.

FMVSS 219 (Zona de intrusión en el parabrisas)

En este estándar se especifican los límites del desplazamiento de ciertos objetos dentro del área del parabrisas durante las colisiones, con el fin de reducir las heridas o la cantidad de fatalidades causadas por los objetos que quedan muy cerca o que atraviesan el parabrisas cuando ocurre alguna colisión. Aplica a la mayoría de los vehículos que poseen un peso menor o igual a 4,536 kg.

Para determinar que no se metan objetos externos del vehículo en el parabrisas, primero se define la zona de protección del parabrisas colocando una esfera de 165 mm de diámetro en panel y trazando una línea desde donde esa esfera hace contacto con la superficie interna del parabrisas, como se muestra en la Ilustración 2-60.

Ilustración 2-60. Zona de intrusión en el parabrisas

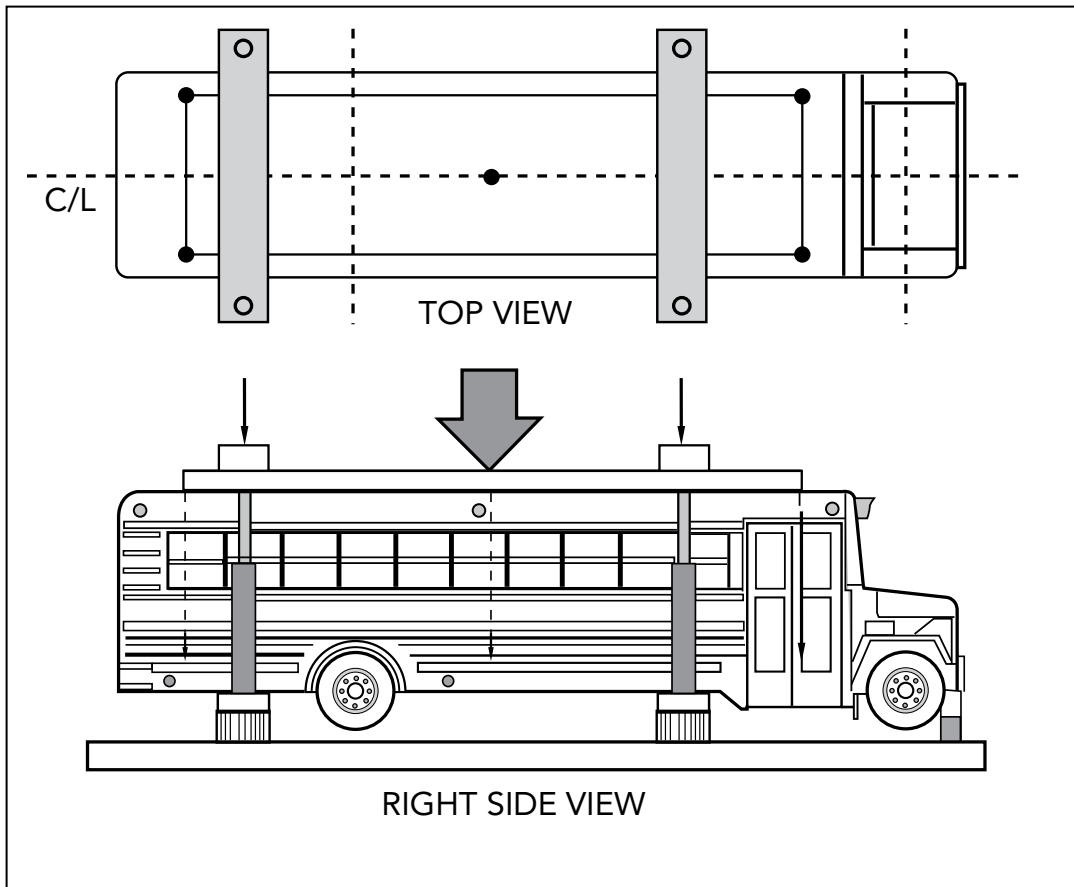
La zona de protección del parabrisas es una zona dentro de la cual ningún objeto externo propio del vehículo debe ingresar a una profundidad mayor a 6 mm cuando ocurre una colisión frontal a 48 km/h, salvo los objetos que normalmente están en contacto con el parabrisas. Esta zona se define utilizando como referencia una esfera, como lo muestra la figura. Obtenida del FMVSS 219, 2009.

Una vez definida la zona de protección, se colisiona el vehículo a una velocidad de 48 km/h perpendicularmente contra una barrera. De esta forma se verifica que ninguna parte externa del vehículo, a excepción de las partes que están normalmente en contacto con el parabrisas, penetre la zona de protección a una profundidad superior a 6 mm y ninguna parte del vehículo debe penetrar la superficie interna del parabrisas.

FMVSS 220 (Protección ante los vuelcos en los buses escolares)

El objetivo de este estándar es reducir la severidad de las lesiones y la cantidad de muertes producidas cuando la estructura de los buses escolares falla, a causa de las fuerzas que se presentan en los vuelcos.

Los buses escolares se someten a una prueba de resistencia estática, en la cual se aplica una fuerza distribuida perpendicular al techo del bus. Para ello se montan los buses sobre una estructura de forma que queden sostenidos por la carrocería y no por las llantas y se aplica la fuerza sobre una placa sobre su techo, tal y como se muestra en la Ilustración 2-61 .

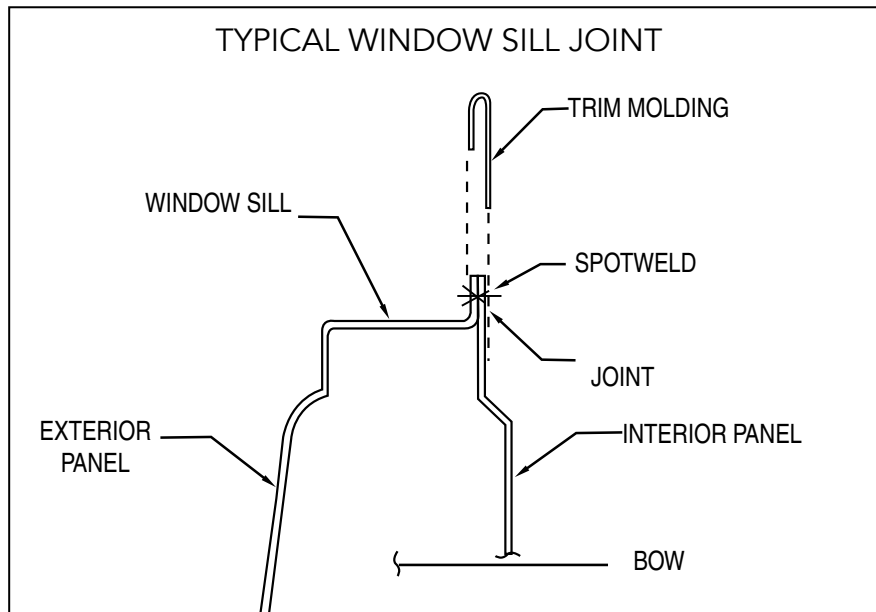
Ilustración 2-61. Prueba de resistencia ante los vuelcos de los buses escolares

En la prueba de protección contra vuelcos de los buses escolares se colocan los buses sobre unos soportes de manera que las llantas no quedan apoyadas, y luego se aplica una fuerza de compresión por medio de una plancha, como se aprecia en la figura. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 220: School Bus Rollover, por DOT-NHTSA, 1991.

La fuerza que se aplica debe tener una magnitud (medida en Newtons) igual a 1,5 veces el peso de los autobuses cuando están descargados. Para que los autobuses escolares aprueben el examen, la placa metálica sobre la cual se aplica la fuerza no se debe desplazar más de 130 mm hacia abajo, y las salidas de emergencia, excepto las que se colocan en el techo, deben funcionar adecuadamente antes y después de la aplicación de la fuerza.

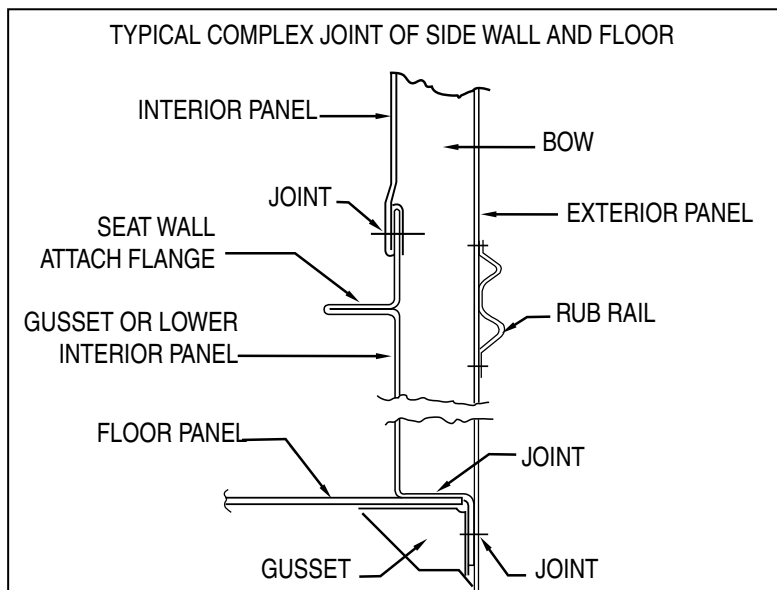
FMVSS 221 (Resistencia de las uniones de los paneles del cuerpo de los autobuses escolares)

El objetivo de este estándar es establecer los requerimientos de la resistencia de las uniones de los paneles de los buses escolares, con el fin de reducir las muertes y la severidad de las lesiones causadas por el colapso de la estructura de los buses escolares cuando suceden colisiones.

Ilustración 2-62. Unión del marco de las ventanas

En esta figura se muestra la unión del marco de las ventanas de un bus escolar, con el cuerpo del autobús. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 220: School bus rollover protection, por DOT-NHTSA, 2003.

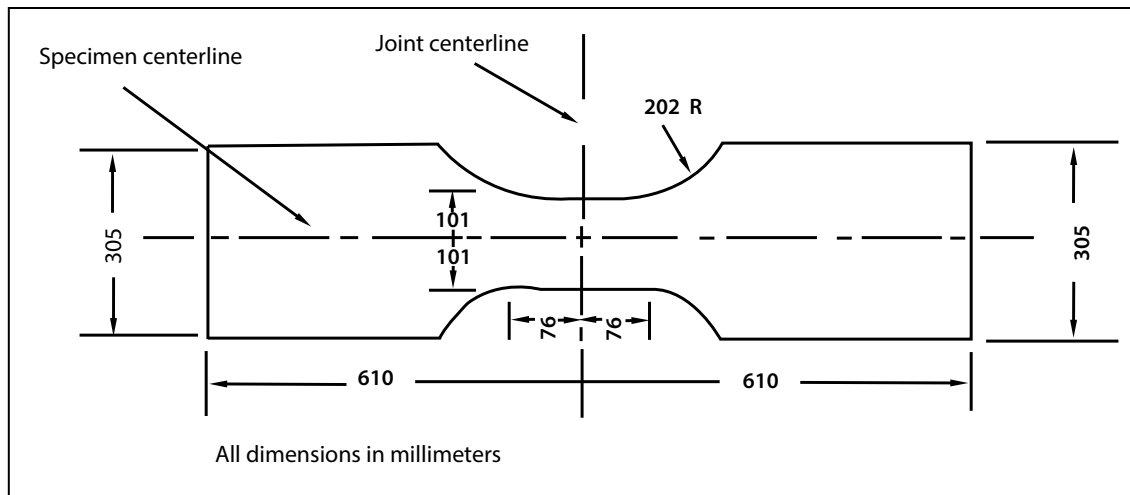
El panel de los buses es el componente de la carrocería utilizado en la superficie exterior o interior para encerrar el espacio que los pasajeros de los autobuses pueden utilizar; por lo tanto, las uniones de los paneles son el área de contacto o de proximidad entre los límites del panel del cuerpo y los paneles de otros componentes. Los buses cuentan con varios tipos de uniones; como por ejemplo: la unión entre el panel interior, el exterior y las ventanas y las uniones de los paneles de las paredes y el piso, como se muestran en las Ilustraciones 2-62 y 2-63.

Ilustración 2-63. Unión de las paredes y el piso

En esta figura se muestra una unión compleja utilizada en los buses escolares para sujetar las paredes al piso. Obtenida de Laboratory test procedure for FMVSS 220: School bus rollover protection, por DOT-NHTSA, 2003.

Para medir la resistencia de las uniones de los paneles, se obtiene una probeta de cada tipo de unión, cortada con la forma que se muestra en la Ilustración 2-64, de manera que la línea de centro de la probeta sea perpendicular a la unión en el centro del segmento de unión. Luego se somete la probeta a una prueba de tensión, como se especifica en la norma ASTM. Entonces, si la resistencia de las uniones es igual o superior al 60% de la resistencia del elemento más débil de cada probeta, las uniones cumplen con los requerimientos de este estándar.

Ilustración 2-64. Probeta para la prueba de resistencia de una unión entre paneles



Para determinar la resistencia de las uniones de los buses escolares, se construyen probetas con la forma mostrada en esta figura, para someterlas a pruebas de tensión. Obtenida del FMVSS 221, 2009

FMVSS 222 (Sillas y protección contra colisiones en los buses escolares)

En este estándar se establecen los requerimientos para las sillas de los buses escolares y las barreras de retención, con el fin de reducir el número de muertes y la severidad de las lesiones que se dan cuando los ocupantes chocan contra la estructura interna del autobús, producto de las colisiones.

Las sillas de los buses escolares son sometidos a pruebas de resistencia en el respaldo y de resistencia de los mecanismos de sujeción de los asientos. Las pruebas de resistencia del respaldo se realizan para determinar las fuerzas de empuje hacia adelante y hacia atrás que pueden soportar los respaldos y también se usan para medir la cantidad de energía que pueden absorber estos, mientras que las pruebas de los elementos de sujeción de los asientos se llevan a cabo para determinar las fuerzas que pueden soportar los sistemas de anclaje de los asientos removibles de los buses escolares.

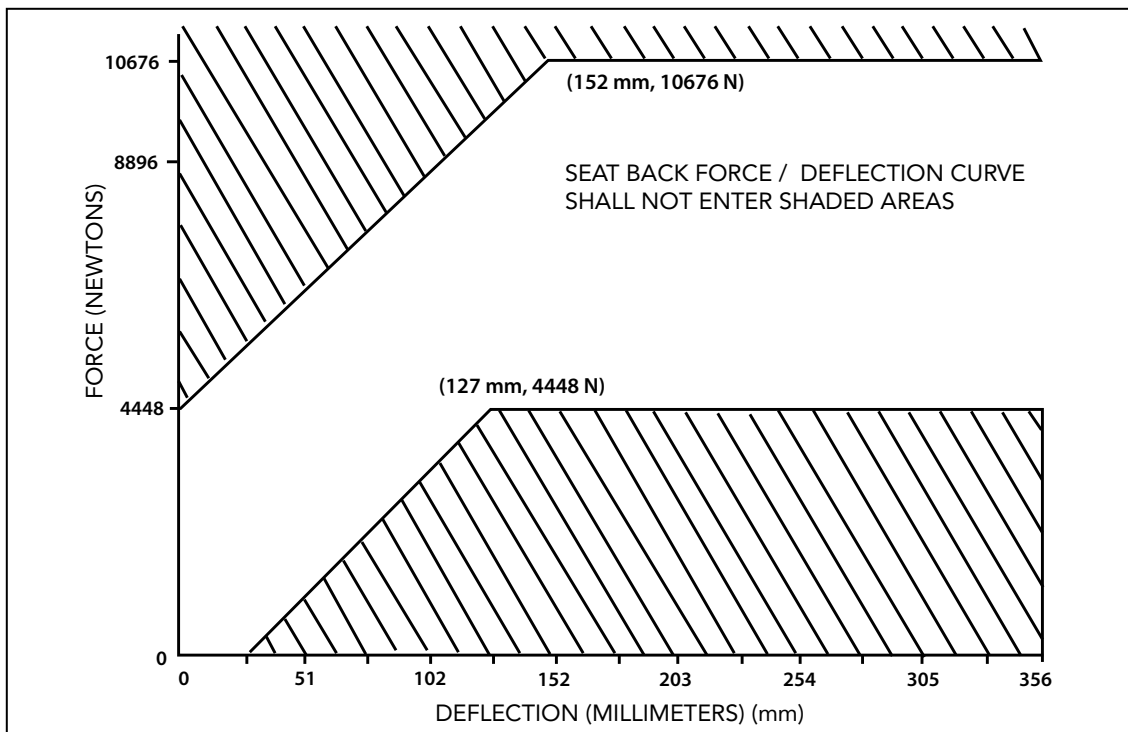
Prueba del comportamiento del respaldo de las sillas ante fuerzas de empuje hacia adelante:

Cuando una silla de un bus escolar está ubicada en una posición dentro del vehículo donde queda con otra silla atrás, su respaldo es sometido a una prueba de deflexión en la cual se aplica una fuerza de empuje hacia adelante. Para que esta silla cumpla con este estándar, la

⁷ Aquí asiento significa la parte de la silla que las personas usan para sentarse.

curva de fuerza deflexión debe quedar dentro de la zona blanca mostrada en la Ilustración 2-65. La deflexión máxima del punto de aplicación de la fuerza superior, no debe sobrepasar los 356 mm cuando la fuerza aplicada es de 44 N y cuando ese punto alcanza una deflexión de 356 mm, ninguna parte del respaldo del asiento debe quedar a una distancia menor a 102 mm del respaldo de la silla de adelante. Además, ni el asiento ni ningún componente de la silla se deben separar de los puntos de sujeción.

Ilustración 2-65. Curva de fuerza vrs deflexión permisible de los respaldares de las sillas de los buses escolares

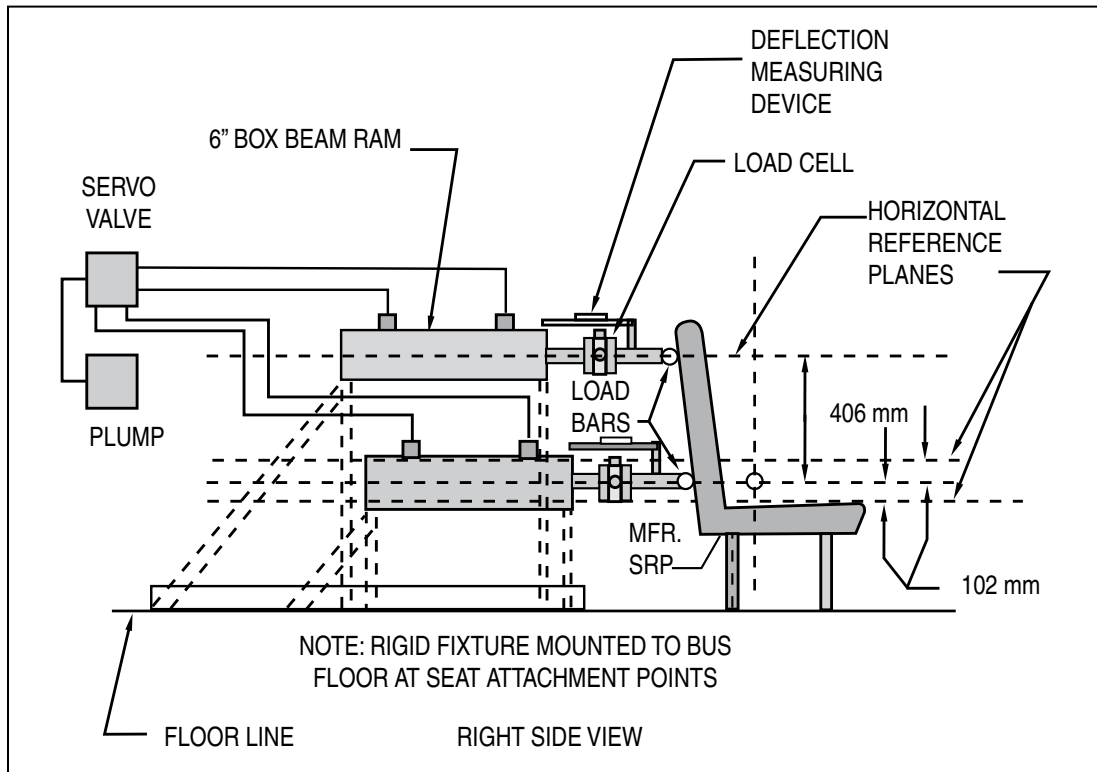


En esta curva de fuerza vrs deflexión se indica con una zona blanca el rango permitido de la zona de deflexión del respaldo, donde la fuerza de empuje se aplica de forma horizontal. Obtenida del FMVSS 222, 2009.

Prueba del comportamiento del respaldo de los asientos ante fuerzas de empuje hacia atrás:

Esta prueba es similar a la anterior, sin embargo la fuerza empuja el respaldo de la silla hacia atrás. Así se determina que el respaldo no se desplace una distancia superior a 254 mm cuando se aplica una fuerza de 9,786 N. Además, ninguna parte del respaldo debe quedar a una distancia menor a 102 mm del respaldo de la silla de atrás, una vez alcanzado el desplazamiento máximo.

Los respaldos de las sillas de los buses escolares deben estar diseñados de manera que puedan absorber una energía de 452W joules. Para esto se lleva a cabo una prueba de deflexión similar a las pruebas mencionadas anteriormente, pero difiere en que se aplican dos fuerzas (ver Ilustración 2-66), una al nivel del punto de referencia de una persona sentada y la otra a una altura de aproximadamente 406 mm.

Ilustración 2-66. Prueba de absorción de energía de los respaldares de las sillas de los buses escolares

Esta figura ejemplifica un dispositivo utilizado para realizar las pruebas de absorción de energía de los respaldares de los asientos de los buses escolares, en la cual se aplican dos fuerzas, una a la altura del punto de referencia de una persona sentada y la otra a 406 mm sobre ese punto. De Laboratory test procedure for FMVSS 222: School bus passenger seating and crash protection, por DOT-NHTSA, 2008b.

Prueba de resistencia de los elementos de sujeción de los asientos:

Las sillas de los autobuses en ocasiones poseen mecanismos que permiten colocar o retirar el asiento fácilmente sin necesidad de utilizar herramientas. En este tipo de sillas se requiere que el mecanismo de sujeción del asiento se active cuando se coloca una masa de 22 kg en el centro del asiento. Si las sillas no poseen tales mecanismos y por lo tanto se necesita dar uso de ciertas herramientas para retirar o sujetar los asientos a la estructura de la silla, el asiento no debe separarse de ninguno de los puntos de sujeción cuando se aplica una fuerza vertical hacia arriba, cuya magnitud es cinco veces el peso del asiento.

Además de realizarse diversas pruebas para determinar el adecuado funcionamiento de las sillas de los buses escolares, se realizan pruebas en las barreras de retención. Las barreras de retención son unas barreras que se colocan frente a las primeras sillas, que no poseen otra

⁸ W es una magnitud que representa la cantidad de posiciones para sentarse que puede tener una banca, y se calcula como el ancho de la banca en mm dividido entre 381 (DOT-NHTSA, 2008b).

silla en frente, lo cual ayuda a restringir el movimiento de los ocupantes en caso de que se dé un frenazo súbito o una colisión. La primera prueba que se realiza es la prueba de la deflexión máxima, en la cual se aplica una fuerza de empuje hacia delante de la misma manera en que se hace con los respaldos de los asientos y los requerimientos son los mismos.

En los buses escolares también se realizan pruebas para determinar el grado de protección contra impactos que se generan en ciertas áreas específicas conocidas como zonas de impacto. En las pruebas se evalúan dos zonas de impacto, la zona de impacto de la cabeza y la zona de impacto de las piernas.

Zona de protección ante un impacto de la cabeza:

Ésta es una zona diferente de las paredes del bus y la estructura de las ventanas y las puertas, en donde la cabeza de algún ocupante es propensa a contactar. Esta zona está definida por dos planos horizontales, uno a 305 mm y el otro a 1,016 mm, sobre el punto de referencia de una persona sentada; por dos planos verticales longitudinales, uno tangente al lado interno de la silla y el otro a 83 mm del lado externo de esta; y por un plano vertical a una distancia de 762 mm. Las superficies comprendidas por la zona de protección ante el impacto de la cabeza son sometidas a pruebas de impacto con un dispositivo con forma de cabeza que permite medir el $HIC_{2.5}$ y la energía absorbida durante el impacto. El dispositivo con forma de cabeza (ver Ilustración 2-25) se colisiona con una aceleración de 6,7 m/s, y para que las superficies cumplan con lo requerido, el HIC no debe sobrepasar un valor de 1,000 y la energía necesaria para deflectar las superficies de impacto no debe ser menor a 4,5 Joules, antes de que la fuerza registrada por el dispositivo en forma de cabeza alcance un valor de 677 N.

Zona de protección de las piernas:

Ésta es una zona que pertenece al respaldo de las sillas o a las barreras de contención en donde las piernas podrían hacer contacto. La zona de protección de las piernas está comprendida por un plano horizontal a 305 mm sobre el punto de referencia de una persona sentada y a 102 mm abajo del mismo punto de referencia. Esta zona es también sometida a pruebas de impacto, pero en este caso se utiliza un dispositivo con la forma de una rodilla, el cual permite medir la fuerza de impacto y el área de contacto. La zona de protección de las piernas no debe tener una fuerza de resistencia al impacto mayor a 2,669 N, ni un área de contacto mayor a 1,935 mm² cuando es impactada con el dispositivo con forma de rodilla a una velocidad de 4,9 m/s.

Por otra parte, los espacios designados para colocar a las personas que viajan en sillas de ruedas deben tener al menos cuatro puntos de anclaje para cada silla, dos para la parte delantera de las sillas de ruedas y dos para las llantas traseras. Los dispositivos de sujeción deben ser capaces de soportar una fuerza de 13,344 N y si algún dispositivo está diseñado para sujetar más de una silla simultáneamente, ese dispositivo debe poder soportar los 13,344 N multiplicados por el número de sillas que puede sujetar. Para determinar la resistencia se lleva a cabo una prueba

de resistencia estática en la que se aplican las fuerzas antes mencionadas a un ángulo de entre 45° y 80° con respecto a la línea longitudinal, fuerzas que deben ser alcanzadas en no más de 30 segundos y mantenidas durante 10 segundos.

Similarmemente, los anclajes de los sistemas de retención de la parte superior del torso de los ocupantes de las sillas de ruedas, deben soportar una fuerza de 6,672 N cada uno. Para ello se aplican las fuerzas en una dirección de entre 0° y 45° con respecto al plano horizontal, fuerza que debe ser alcanzada en no más de 30 segundos y mantenida por al menos 10 segundos. Además, en cada punto deben existir cinturones de seguridad para el regazo y para el torso que cumplan con lo estipulado en el FMVSS 209.

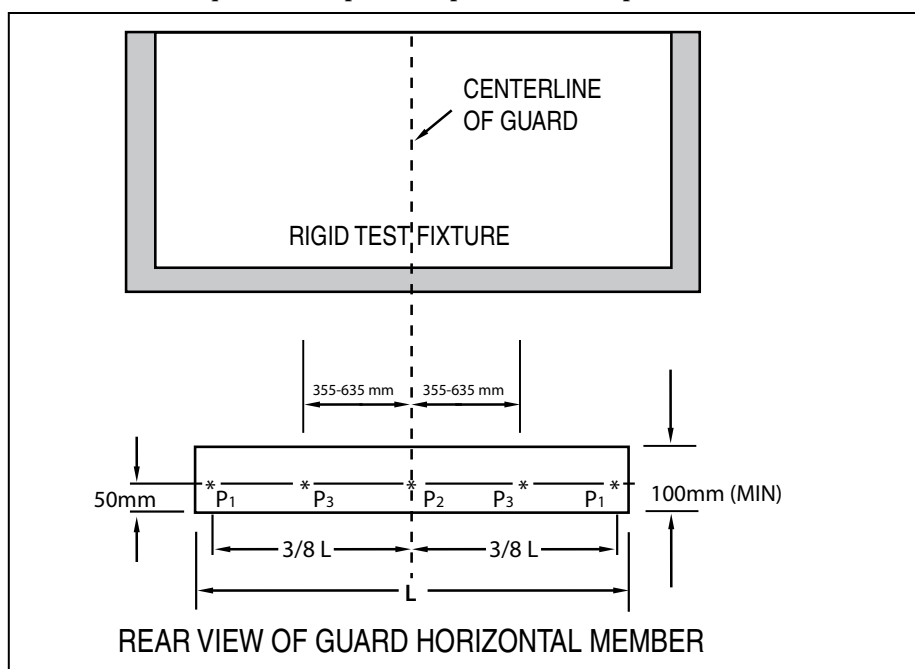
En este estándar también se especifican los requerimientos máximos del desplazamiento horizontal del punto de anclaje de los cinturones de seguridad tipo 2. Los valores dependen tanto de la altura a la cual se ubica el punto de sujeción, como del peso del vehículo.

FMVSS 223 (Dispositivos anti-incrustamiento traseros)

En este estándar se especifican los requerimientos de los dispositivos anti-incrustamiento traseros de los remolques y semirremolques, con el fin de reducir las muertes o la severidad de las lesiones cuando a los vehículos más pequeños los colisionan por detrás.

Los dispositivos anti-incrustamiento son sometidos a pruebas de resistencia y a pruebas de absorción de energía. En la prueba de resistencia, se aplica una fuerza de 50,000 N en los puntos P1 o P2 o una fuerza de 100,000 N en el punto P3 (ver Ilustración 2-67), para comprobar que el dispositivo anti-incrustamiento no se defleca horizontalmente hacia adelante una distancia superior a 125 mm.

Ilustración 2-67. Esquema de los puntos de prueba de los dispositivos anti-incrustamiento



En esta figura se muestra un esquema de los puntos de aplicación de las fuerzas, en los dispositivos anti-incrustamiento de los remolques y semirremolques, para llevar a cabo las pruebas de resistencia y de absorción de energía. Obtenida del FMVSS 223, 2009.

En el caso de la prueba de absorción de energía, se aplica una fuerza en el punto P3, de manera que se logre corroborar que cuando el dispositivo anti-incrustamiento sufre una deflexión (dentro del rango de deformaciones plásticas) de 150 mm hacia adelante, es capaz de absorber una cantidad de energía de 5,650 Joules.

FMVSS 225 (Anclajes de los sistemas de retención infantil)

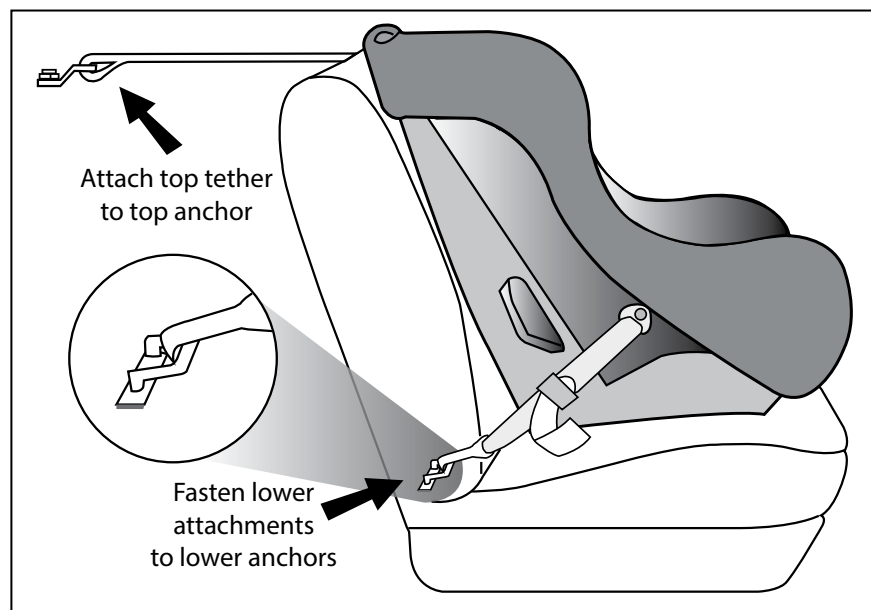
En este estándar se especifican los requerimientos para los dispositivos de sujeción de los sistemas de seguridad de los niños, con el fin de asegurar que ellos tienen una ubicación y una resistencia apropiadas.

Los sistemas de retención para niños tales como las sillas convertibles, se pueden sujetar a los automóviles por medio de correas a unos ganchos que están colocados en la parte superior y detrás del asiento de las sillas traseras de los vehículos, tal y como se muestra en la Ilustración 2-68. Los requerimientos del anclaje superior y de los anclajes inferiores son distintos. Con el fin de determinar que estos anclajes cumplan con los requisitos, estos son sometidos a pruebas de resistencia.

En el caso de los anclajes superiores, se aplica una fuerza de tensión de 15,000 N sobre una correa con un dispositivo especialmente diseñado para ello. Al finalizar la prueba, el gancho de la correa no debe separarse de los dispositivos de anclaje, del asiento o de la estructura del vehículo.

En el caso de los anclajes inferiores, se realizan dos pruebas para determinar que ellos cumplan con los límites de deformación permisibles. En la prueba se utiliza un dispositivo especial para aplicar una fuerza hacia adelante con una magnitud de 11,000 N. El anclaje no debe permitir que dicho aparato se desplace más de 175 mm. En la otra prueba de resistencia, se utiliza el mismo dispositivo especial para aplicar una fuerza lateral en el anclaje, a 75° del plano vertical y con una magnitud de 5,000 N y para que el anclaje apruebe el estándar, el dispositivo con el que se aplica la fuerza no debe desplazarse una distancia mayor a 150 mm.

Ilustración 2-68. Puntos de anclaje de los sistemas de retención para niños



En esta figura se puede apreciar cómo los dispositivos de retención para niños se pueden sujetar a los vehículos por medio de un anclaje superior y dos inferiores. De Get the Facts About LATCH – Securing Child Safety Seats, por Department of Health of New York.

FMVSS 226 (Protección contra la eyección de los pasajeros)

El objetivo de este estándar es especificar los requerimientos vehiculares para mitigar el riesgo de que los ocupantes sean eyectados fuera el vehículo durante las colisiones laterales o los vuelcos y se aplica a los vehículos de pasajeros de 4.5 ton o menos.

Algunos vehículos están equipados con una especie de cortina que se despliega ante una colisión lateral o un vuelco y ayuda a prevenir la eyección de los ocupantes. Para asegurar que esos vehículos están contruidos de forma que se reduzca la posibilidad de que los ocupantes sean eyectados, estos son sometidos a una prueba de impacto lateral interno por medio de una horma de cabeza (de forma similar a la prueba indicada en la Ilustración 2-26), pero antes de realizar la prueba se deben abrir, quebrar o remover las ventanas, se deben identificar los puntos de estudio y se debe ubicar el plano de desplazamiento nulo.

El plano de desplazamiento nulo se define como un plano vertical paralelo al eje longitudinal del vehículo y que entra en contacto con la cara interna de alguna ventana lateral.

Una vez ubicado el plano de desplazamiento nulo, se procede a evaluar los sistemas de mitigación de las eyecciones de los vehículos. Para ello se dispara la horma de cabeza a una velocidad de entre 16 km/h y 20 km/h, horma de cabeza cuya masa es de 18 kg, de manera perpendicular al plano de desplazamiento nulo.

Al finalizar la prueba la horma de cabeza no debe desplazarse en más de 100 mm más allá del plano de desplazamiento nulo.

FMVSS 301 (Integridad del sistema de combustible)

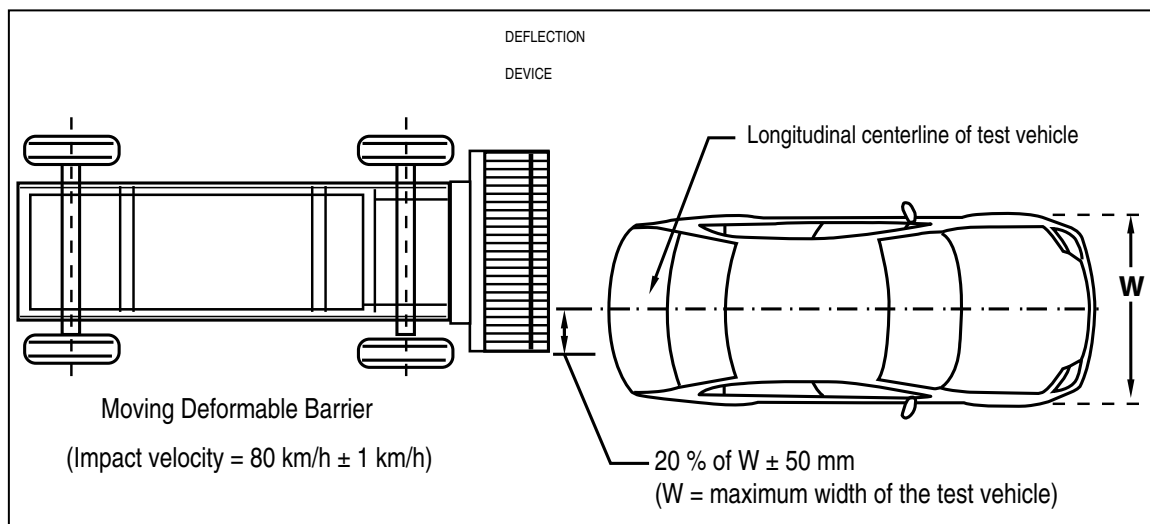
En este estándar se especifican los requerimientos de la integridad de los sistemas de combustible, con el fin de reducir la severidad de las lesiones y el número de muertos que se pueden producir si ocurre un incendio durante o después de un accidente. Aplica a los vehículos de pasajeros, camiones y buses con un peso menor o igual a 4,536 kg y a buses escolares con un peso mayor.

Para verificar la integridad de los sistemas de combustibles de los vehículos, se someten los vehículos, con el tanque lleno de combustible, a diversos ensayos de choque y a una prueba de volcamiento y posteriormente se mide la cantidad de combustible derramado.

El tipo de ensayo que se aplica depende del año de fabricación del vehículo. Uno de los ensayos es una prueba de choque frontal contra una barrera rígida, en la que el vehículo debe viajar a 48 km/h al momento del impacto. Otro de los ensayos consiste en someter los vehículos a colisiones por detrás, utilizando para ello una barrera deformable móvil que al momento del impacto debe viajar a 80 km/h, de forma similar a la indicada en la Ilustración 2-69. En otros ensayos se colisionan los vehículos lateralmente con una barrera deformable móvil, como se aprecia en la Ilustración 2-41, a una velocidad de 53 km/h. En la última prueba de impacto se colisionan los vehículos a 48 km/h, a cualquier ángulo y en cualquier punto, con una barrera móvil cuya forma simula el frente de un vehículo.

Al cabo de cada una de estas pruebas, el derrame de combustible no debe sobrepasar 28 g desde el momento del impacto hasta que los vehículos se detienen, tampoco debe sobrepasar 142 g en los próximos 5 minutos después de que se detuvieron los vehículos, y el flujo de combustible no debe ser superior a 28 g en cada intervalo de un minuto, medidos durante 25 minutos.

Ilustración 2-69. Prueba de colisión trasera con una barrera móvil deformable



En esta figura se muestra el procedimiento de una prueba de choque por detrás en la que se utiliza una barrera móvil deformable. Nótese que la colisión se lleva a cabo a 80 km/h, con un desfase de 20% del ancho del vehículo, con respecto al eje longitudinal del mismo. Obtenida del FMVSS 301, 2009.

La prueba de vuelco se realiza después de cada una de las pruebas de choque antes mencionadas y consiste en hacer girar los vehículos en incrementos de 90°, alrededor de sus ejes longitudinales. Para que los vehículos cumplan con lo requerido, el derrame de combustible no debe ser superior a 142 g en un lapso de cinco minutos, medidos en cada una de los ángulos de rotación, ni debe sobrepasar 28 g en intervalos de tiempo de un minuto en ninguno de los ángulos de rotación.

FMVSS 302 (Flamabilidad de los materiales interiores)

En este estándar se especifican los requerimientos de la resistencia a quemarse de los materiales internos, con el fin de reducir las lesiones o muertes producidas por los incendios dentro de los vehículos.

Los materiales de objetos como los asientos, las cabeceras, los paneles, entre otros, deben ser retardantes de fuego, por lo que deben ser sometidos a una prueba de flamabilidad. Para realizar las pruebas de quemado se cortan muestras rectangulares del material con las dimensiones 356 mm x 102 mm x 13 mm, cortando el material en la dirección que vaya a producir los peores resultados en las pruebas. Posteriormente se colocan las muestras verticalmente en una cámara de quemado y se enciende un quemador bunsen, de forma que se produzca una chispa por debajo del borde inferior de la muestra.

Se quema el espécimen durante 15 segundos y se comienza a contar el tiempo a partir de que la llama alcanza una marca a 38 mm del borde de la muestra. Luego se calcula la tasa de propagación de la llama a través del material, la cual debe ser menor a 102 mm/min para poder cumplir con lo requerido.

FMVSS 303 (Integridad del sistema de combustible de los vehículos que utilizan gas natural comprimido como combustible)

Este estándar especifica los requerimientos para la integridad de los sistemas de combustible de gas natural comprimido, con el fin de reducir la severidad de las lesiones o el número de muertes causadas por los incendios de los vehículos que utilizan gas natural cuando colisionan.

De forma similar a lo expuesto acerca del FMVSS 301, los vehículos que utilizan gas natural son sometidos a pruebas de choque frontal contra una barrera, pruebas de choque por detrás con una barrera móvil y a pruebas de choque, en cualquier dirección, por una barrera móvil cuya forma simula el frente de un vehículo, todas a 48 km/h. También son sometidos a pruebas de choque lateral con una barrera móvil que viaja a 32 km/h.

Al cabo de una hora de haberse finalizado cada una de las pruebas, la caída de presión en el lado de alta presión no debe superar los 1,062 KPa, o la presión que resulte de la ecuación $P=895 \cdot (T/V_{FS})$, dependiendo del valor que sea mayor, donde T es la temperatura promedio del gas estabilizado a la temperatura ambiente en Kelvin, y V_{FS} es el volumen del contenedor del combustible en litros.

FMVSS 304 (Integridad del contenedor de gas natural comprimido)

En este estándar se especifican los requerimientos para la integridad de los tanques de gas natural comprimido, con el fin de reducir las lesiones o muertes que se pueden producir cuando ocurren incendios a causa de fugas de gas natural después de una colisión.

Los cilindros de gas utilizados en los vehículos pueden ser cilindros metálicos simples o pueden ser cilindros metálicos compuestos. La diferencia entre los simples y los compuestos es que los últimos poseen una camisa hecha de algún material metálico o no metálico que envuelve a un cilindro simple, con el fin de brindarle un refuerzo. Estos cilindros son sometidos a pruebas de resistencia a la fatiga por presión hidrostática, pruebas de resistencia a alta presión hidrostática y a pruebas de ignición.

En la prueba de resistencia a la fatiga por presión hidrostática se someten los tanques a ciclos de presurización y descarga. En los primeros 13,000 ciclos los tanques son llenados a la presión de funcionamiento normal. Luego se aplican otros 5,000 ciclos a presiones que alcanzan el 125% de la presión de funcionamiento normal, a tasas de por los menos 10 ciclos/minuto. Si los tanques no presentan fugas durante las pruebas, entonces sí cumplen con lo requerido en este estándar.

Similar a las pruebas de resistencia a la fatiga, en la prueba de resistencia a altas presiones los tanques no deben presentar fugas cuando son sometidos a presiones elevadas, las cuales dependen del tipo de tanque. En el caso de tanques simples con soldadura y en los cilindros compuestos, la presión de prueba debe ser 2,25 veces mayor a la presión de servicio; mientras que en el caso de los tanques simples sin soldadura la presión de prueba debe ser 3,5 veces mayor.

Las pruebas de ignición se realizan para verificar que la válvula de alivio de los cilindros de gas funcione adecuadamente, lo que implica que todo el gas debe ser evacuado del cilindro cuando ella se activa, y que no debe iniciarse la ignición mientras sea contenido el gas natural a causa de que no se ha abierto la válvula de alivio. Para ello los cilindros son colocados en fuego a una temperatura de llama de al menos 430°C durante 20 minutos o hasta que la válvula de alivio se abra.

FMVSS 305 (Vehículos eléctricos: protección contra el derrame del electrolito y contra descargas eléctricas)

En este estándar se especifican los requerimientos para las limitaciones del derrame del electrolito y para el aislamiento eléctrico del chasis, con el fin de reducir las muertes o lesiones ocasionadas por el derrame del electrolito, la intrusión del sistema de baterías de impulsión en la cabina o por las descargas eléctricas producidas en una colisión.

Los vehículos eléctricos son sometidos a pruebas de impacto con el fin de caracterizar el estado de los sistemas de baterías después de diversos tipos de colisiones. Por lo tanto, se les realizan pruebas de choque frontal contra una barrera rígida a 48 km/h, pruebas de choque por detrás con una barrera móvil a 48 km/h y pruebas de choque lateral con una barrera deformable a una velocidad de colisión de 54 km/h. Media hora después de que se realizó cada una de las pruebas, la cantidad de electrolito derramado no debe ser mayor a 5 L o de lo contrario, los vehículos no cumplirían con los requerimientos. Además, ninguna parte del sistema de baterías, que sea ubicada fuera de la cabina del vehículo, debe ingresar al compartimiento de los ocupantes y el aislamiento eléctrico entre el sistema de baterías y la estructura conductora de electricidad del vehículo no debe ser menor a 500 Ω/V .

Después de cada prueba de choque también se lleva a cabo una prueba de vuelco, en la que se hacen rotar los vehículos alrededor de su eje central horizontal en ángulos de 90°. Los vehículos deben cumplir con los mismos requerimientos mencionados anteriormente para poder superar las pruebas satisfactoriamente.

FMVSS 403 (Sistema de levantamiento de sillas de ruedas)

En este estándar se especifican los requerimientos para las plataformas de levantamiento de las personas con capacidad limitada, con el fin de evitar que ellas o los operarios de las plataformas sufran lesiones o mueran durante el funcionamiento de estas.

Los sistemas de levantamiento que se utilizan para ayudar a las personas con movilidad limitada a subirse a los vehículos deben cumplir con varios requisitos de funcionamiento, los cuales dependen del tipo de uso que se les dé a los vehículos. Es por ello que en este estándar se hace la distinción entre los vehículos de transporte público y privado, ya que en varias pruebas se establecen requerimientos distintos para cada uno de ellos. Las pruebas de funcionamiento a las que los sistemas de levantamiento son sometidos son las siguientes: prueba de la señal de advertencia de la posición vertical de la plataforma, pruebas operacionales de la plataforma, prueba de resistencia al ambiente, prueba de resistencia al deslizamiento y pruebas de integridad estructural.

Cabe destacar que en algunas pruebas se utiliza una silla de ruedas de prueba, la cual es una silla de ruedas eléctrica cuyas dimensiones corresponden a las sillas de ruedas que se utilizan para movilizar a una persona que representa el percentil 95 de los hombres adultos. Su masa debe estar entre 72.5 kg y 86 kg. En otros ensayos se utilizan unas cargas de prueba estándar, las cuales dependen del tipo de vehículos que se va a evaluar, ya que si se van a examinar las plataformas de los vehículos de transporte público, la carga de prueba tiene una masa de 272 kg, mientras que las cargas usadas para evaluar los de transporte privado tienen una masa de 181 kg.

Señal de advertencia de la posición vertical de la plataforma:

En este examen se coloca una silla de ruedas de prueba sobre la plataforma, cuando la plataforma se encuentra a nivel del piso del vehículo. Luego se comienza a bajar la plataforma hasta que se activa la alarma de advertencia de la posición vertical y se mide la altura desde la plataforma hasta el piso del vehículo. Así se determina si la alarma de la posición vertical se activa cuando la plataforma está a una altura máxima de 25 mm con respecto al nivel del piso del vehículo, lo cual es requerido tanto para los vehículos de transporte público como los privados.

Pruebas operacionales de la plataforma:

Las pruebas operacionales a las que las plataformas son sometidas son pruebas de funcionamiento de los dispositivos de retención de las sillas de ruedas, funcionamiento bajo una carga estática, de velocidad máxima, de aceleración máxima y máximo nivel de ruido.

A. Funcionamiento de los dispositivos de retención de la sillas de ruedas: Las plataformas deben contar con unos dispositivos de retención que evitan o detienen el movimiento de la plataforma bajo ciertas circunstancias peligrosas. Para ello las plataformas deben tener una barrera interna y otra externa que se deben desplegar a cierta altura (ver Ilustración 2-70).

Ilustración 2-70. Plataforma de levantamiento de sillas de ruedas



Modificada de NCL2 Century-2 Series, por The Braun Corporation, 2010. Reproducida con permiso

Para probar el funcionamiento de la barrera externa se baja la plataforma a nivel del suelo y se sube en ella la silla de ruedas de prueba. Luego se sube la plataforma y se mide la distancia a partir de la cual la barrera se comienza a desplegar, distancia que como máximo debe ser de 75 mm. Una vez determinada la altura de despliegue, se coloca la silla de ruedas de manera que una de las ruedas delanteras se apoye sobre la barrera externa de la plataforma y se determina si se detuvo el movimiento de la plataforma y si ésta causó que la rueda delantera de la silla de ruedas se moviera hacia arriba una altura de 13 mm, ya que también es requerido que estos dispositivos prevengan el paso de una esfera de 13 mm de diámetro.

B. Prueba de carga estática I: Esta prueba se realiza para verificar el funcionamiento de la plataforma bajo carga. Para ello se lleva a cabo el siguiente procedimiento: se despliega la plataforma y se le mantiene a nivel del piso del vehículo. Se coloca una carga de pruebas y se baja la plataforma hasta el suelo, deteniéndose una vez a la mitad del recorrido. Luego se retira la carga y se sube la plataforma a nivel del piso del vehículo. Se vuelve a bajar hasta el suelo y se coloca la carga en la plataforma nuevamente. Después se sube la carga hasta el nivel del piso, deteniéndose una vez a la mitad del recorrido. Se retira la carga y se guarda la plataforma.

Utilizando el sistema de respaldo manual de uso de la plataforma, se despliega la plataforma dejándola a nivel del piso del vehículo, se coloca la carga de pruebas, se baja la plataforma a nivel del suelo, se retira la carga, se sube la plataforma y por último se guarda la plataforma.

C. Prueba de velocidad máxima: simplemente se baja la plataforma desde el nivel del piso del vehículo hasta el suelo, deteniéndola en medio de ambos puntos y viceversa. Este proceso se realiza cuando ella está cargada y descargada también. La velocidad máxima de la plataforma no debe superar los 152 mm/s.

D. Prueba de aceleración máxima: de igual forma al caso anterior, se baja y se sube la plataforma, pero en este caso con el fin de medir la aceleración. La aceleración máxima de la plataforma no debe superar los 0,3 G.

E. Prueba del máximo nivel de ruido: el estándar del nivel de ruido aplica sólo para los vehículos de transporte público. Para determinar el nivel de ruido, se sigue el mismo procedimiento utilizado en la prueba de velocidad máxima y durante toda la trayectoria el nivel de ruido no debe sobrepasar los 80 dBa.

Prueba de resistencia al ambiente:

En esta prueba la plataforma es rociada con una solución salina durante dos periodos de 24 horas, y se le deja secar durante una hora después de cada uno de ellos. Al cabo de las 50 horas de prueba, las plataformas y sus componentes utilizados para fijarlas en los vehículos no deben presentar corrosión férrea en las superficies más importantes, excepto por la corrosión férrea permisible especificada en el FMVSS 209.

Prueba de resistencia al deslizamiento:

Se limpia y se humedece la superficie de la plataforma para poder llevar a cabo la prueba de deslizamiento, en la cual se utiliza un bloque de prueba que es empujado por medio de una máquina. Tomando en cuenta la fuerza utilizada para empujar el bloque y su peso se determina el coeficiente de fricción, el cual no puede ser menor a 0.65.

Pruebas de la integridad estructural:

Para corroborar que los sistemas de levantamiento pueden mantener cierto grado de integridad estructural se llevan a cabo unas pruebas para determinar: la capacidad de retención de las sillas de ruedas, la resistencia de la barrera interna de retención, la resistencia a la fatiga, la resistencia a una carga estática, resistencia a la sobrecarga de los dispositivos de retención de las sillas de ruedas, la resistencia de las agarraderas y la resistencia a la carga máxima.

A. Capacidad de retención de la silla de ruedas: para probar la capacidad de retención de las sillas de ruedas se realizan ensayos de impacto producidos por una silla de ruedas de prueba. Para ello se sube la plataforma al nivel del piso del vehículo y se coloca una silla de ruedas automática sobre ella. Luego se conduce la silla de ruedas hacia adelante a una velocidad de 2 m/s, y se apaga una vez que la silla se ha detenido. Posteriormente se conduce la silla de ruedas a 1.75 m/s hacia atrás y se apaga cuando ésta se ha detenido, todo esto, con el fin de probar los dispositivos de retención. Al final de cada una de las pruebas de impacto, la silla de ruedas debe permanecer en pie y con todas las llantas dentro de la plataforma.

B. Resistencia de la barrera interna de detención: las barreras internas de retención (ver Ilustración 2-70) son sometidas a pruebas de impacto con una silla de ruedas que viaja a velocidades que rondan los 1.5 y 1.6 m/s. Estas barreras deben ser capaces de evitar que las llantas de las sillas de ruedas sobrepasen el límite de la plataforma y que las sillas de ruedas sean contactadas simultáneamente por la plataforma y cualquier otra estructura (como las gradas del vehículo).

C. Resistencia a la fatiga: en el caso de los sistemas de levantamiento de los vehículos de transporte público, se carga la plataforma con un peso de prueba y se levanta y baja la plataforma 3,900 veces. Luego se retira el peso y se levanta la plataforma 3,900 veces más, pero también se pliega y despliega la plataforma la misma cantidad de veces, excepto en el caso de las plataformas que se pliegan y despliegan manualmente. Si las plataformas son para vehículos de transporte privado, se sigue el mismo procedimiento anterior pero en ciclos de 1,100 repeticiones, y se llevan a cabo las pruebas dos veces. Al finalizar las pruebas no debe presentarse la separación o fractura de ningún componente.

D. Prueba de carga estática II: en esta prueba se posiciona la plataforma a la altura del piso del vehículo y se le carga con tres pesas estándar de prueba, y se les deja ahí por al menos 2 minutos. Después se retiran las cargas y se inspecciona el sistema de levantamiento, ya

que éste debe ser capaz de soportarlas sin presentar fracturas ni separaciones. Luego se repite la prueba de carga estática I.

E. Sobrecarga del dispositivo de retención de las sillas de ruedas: los dispositivos de retención de las sillas de ruedas son sometidos a una fuerza de 7,117 N, cuando la plataforma está anivel del suelo. Ellos deben ser capaces de soportarla sin separarse, romperse ni fracturarse.

F. Agarraderas: sólo las plataformas de los vehículos de transporte público deben tener agarraderas (ver Ilustración 2-70). Las agarraderas son sometidas a una fuerza de 445 N durante dos minutos para medir sus rangos de deformación. Al final de la prueba, la agarradera no debe desplazarse más de 25 mm con respecto a la superficie de la plataforma y deben quedar por lo menos 38 mm de distancia entre ellas y cualquier otra parte del vehículo en el rango de movimiento del usuario de la plataforma.

Luego se aplica una fuerza de 1,112 N durante dos minutos en cualquier dirección y se vuelve a medir la deformación. La agarradera no debe mostrar fallas, fracturas, agrietamientos ni separación de sus componentes. Además, no debe deflectarse más de 100 mm en relación a su posición inicial con respecto a la plataforma.

G. Prueba de carga estática III (Prueba de carga máxima): en este caso se refuerza la estructura del vehículo o se retira el sistema de levantamiento y se le coloca en un banco de pruebas. Luego se posiciona la plataforma a nivel del piso del vehículo y se pone sobre ella una carga equivalente a cuatro pesas de prueba y se dejan ahí por dos minutos. Al retirar la carga la plataforma no debe presentar ninguna separación, fractura o ruptura.

Por último, como complemento a las pruebas antes mencionadas, los sistemas de levantamiento de personas con movilidad limitada deben cumplir con otros requerimientos tales como: límites de caída libre, prevención contra el levantamiento del vehículo, sistema de respaldo, controles internos y contador, como se muestra a continuación:

A. Límite de caída libre: si alguno de los componentes falla, ninguna parte de la plataforma debe caer a una velocidad superior a 305 mm/s ni quedar rotada más de 2° con respecto a su posición original.

B. Prevención contra el levantamiento del vehículo: las plataformas deben estar diseñadas de forma que nunca levanten el vehículo como lo hacen las gatas utilizadas para cambiar las llantas, lo cual podría suceder cuando se están bajando las plataformas cargadas.

C. Sistema de respaldo: las plataformas deben poseer un sistema de respaldo que se pueda operar de forma manual.

D. **Controles internos:** los controles internos deben estar colocados de forma que no se promueva una activación accidental de la plataforma. Además, la plataforma no se debe poder operar cuando el vehículo está en movimiento, sino que sólo podrá ser activada cuando la marcha del vehículo está puesta en neutro y el freno de mano activado.

E. **Contador:** las plataformas deben poseer un contador que registre cada movimiento completo hacia arriba o hacia abajo.

FVMSS 500 (Vehículos de baja velocidad)

El objetivo de este estándar es establecer los requerimientos mínimos de seguridad para vehículos de baja velocidad.

Los vehículos de baja velocidad a los que se hace mención en este estándar son vehículos de cuatro ruedas, cuya velocidad es superior a 32 km/h pero menor o igual a de 40 km/h y con un peso bruto menor a 1,361 kg. Los requisitos mínimos aceptables que estos vehículos deben presentar son:

1. Deben tener luces delanteras.
2. Deben tener luces de marcha hacia adelante, marcha hacia atrás y direccionales.
3. Luces traseras.
4. Luces de freno.
5. Un reflector rojo a cada lado.
6. Un espejo retrovisor externo del lado del conductor y uno del lado del copiloto o dentro del vehículo.
7. Un freno de mano.
8. Un parabrisas que cumpla con los requerimientos del FMVSS 205.
9. Un número de identificación VIN.
10. Cinturones de seguridad tipo 1 o 2 que cumplan con el FMVSS 209.

Para corroborar que los vehículos son de baja velocidad, se realiza una prueba para medir su velocidad máxima. Para ello se conduce el vehículo de forma tal que se alcance la velocidad máxima en una pista de 1.6 km, cuyo coeficiente de fricción es de 0.9, cuya pendiente no es mayor que 1% y cuyo ancho de carril es de 3.5 m. Además, durante la prueba el vehículo debe estar descargado, pero agregando una masa de 78 kg más la masa del conductor. El ensayo se repite 30 minutos después de la primera prueba.

Estándar de Parachoques

En este estándar se especifican los requerimientos que deben cumplir los vehículos ante impactos de baja velocidad, con el objetivo de reducir el daño físico que se puede producir en tales colisiones (Bumper Standard, 2009). No obstante, este estándar no forma parte de los FMVSS.

Para determinar que los parachoques cumplen con los requerimientos mínimos se llevan a cabo pruebas de impacto longitudinal, pruebas de impacto en una esquina del parachoques y pruebas de impacto perpendicular contra una barrera. A continuación se describen brevemente las pruebas realizadas en los parachoques:

Prueba de impacto longitudinal:

en esta prueba se utiliza un péndulo que posee un dispositivo de prueba específico en su extremo, para golpear el parachoques delantero a través del eje longitudinal del vehículo (ver Ilustración 2-36) a una velocidad de 2.5 m.p.h [4 km/h] (Bumper Standard, 2009).

Prueba de impacto en la esquina:

similar a la prueba de impacto longitudinal, en la prueba de impacto en la esquina se utiliza un péndulo para golpear una esquina delantera y una trasera del vehículo, a una velocidad de 1.5 m.p.h [2.4 km/h] (Bumper Standard, 2009).

Prueba de impacto perpendicular contra una barrera:

después de llevarse a cabo las pruebas de impacto longitudinal y en la esquina, se colisionan los vehículos a una velocidad cercana a los 2.3 m.p.h [3.7 km/h] contra una barrera fija (DOT-NHTSA, 1990b).

Al finalizar las pruebas todas las luces y elementos reflectantes, a excepción de las luces de las placas, deben estar libres de agrietamientos y cumplir con el FMVSS 108; la capota, la cajuela y las puertas de los vehículos deben operar normalmente; no deben haber fugas u obstrucciones en las líneas de enfriamiento, en las de combustible, ni en las líneas de escape de los gases; y los sistemas de propulsión, de dirección y frenado deben mantenerse ajustados y funcionar normalmente. En el caso de que los parachoques posean cilindros que contienen algún fluido que permitan amortiguar el golpe, éstos no deben presentar escapes del fluido despedazamientos, entre otros requerimientos (Bumper Standard, 2009).

2.2 Requerimientos estadounidenses de protección ambiental

Los vehículos que se importan a los Estados Unidos de América no solo deben cumplir con los requerimientos mínimos de seguridad, sino que también deben ser lo suficientemente amigables con el ambiente. Para que los vehículos sean considerados como amigables con el ambiente deben estar contruidos de manera que satisfagan ciertos requerimientos de emisión de gases contaminantes y de los niveles de ruido. Por lo tanto, en los Estados Unidos de América se creó la Agencia de Protección Ambiental o EPA por sus siglas en inglés, que se encarga de certificar a los importadores de vehículos, de establecer los estándares de las emisiones de gases de los vehículos motorizados y de establecer los requerimientos de los niveles de ruido de los vehículos, entre otras funciones.

Para regular la actividad de la importación de vehículos, la EPA los clasifica en tres categorías: la versión de Estados Unidos, la versión canadiense y las versiones no estadounidenses. Los automotores de la versión de los Estados Unidos son vehículos que se fabricaron especialmente para cumplir con los estándares de la EPA (EPA, 2010), los de la versión canadiense son vehículos contruidos para cumplir con los requerimientos de Canadá (EPA, 2010) y las versiones no estadounidenses son todos aquellos vehículos que no fueron contruidos para cumplir con los requerimientos de los Estados Unidos de América o que fueron de alguna forma alterados por lo que dejaron de cumplir con los requerimientos estadounidenses (EPA, 2010).

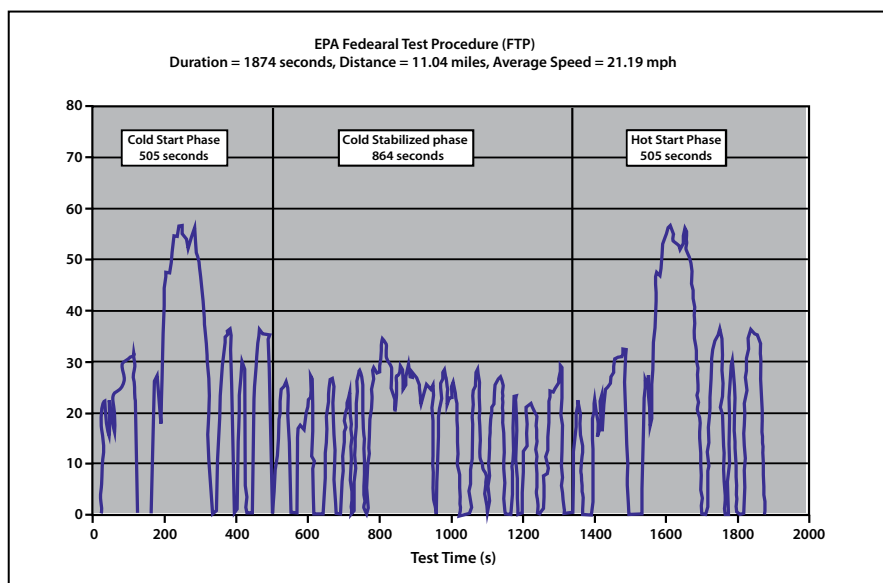
De acuerdo con esa clasificación, cualquier persona puede importar a los Estados Unidos de América (EEUU) un vehículo de la versión de los Estados Unidos (EPA, 2010). No obstante, no siempre sucede lo mismo con los vehículos de la versión canadiense, ya que sólo aquellos automotores de la versión canadiense que la EPA considera idénticos a los de la versión estadounidense pueden ser importados a los Estados Unidos de América por cualquier persona (EPA, 2010b, p.8). En el caso de los vehículos de la versión canadiense que no son idénticos a los de la versión estadounidense o de los vehículos de las versiones no estadounidenses, las personas deben contactar a un importador certificado por la EPA para poderlos importar permanentemente a los Estados Unidos (EPA, 2010).

Los importadores de vehículos certificados por la EPA tienen la responsabilidad, entre otras funciones, de obtener un certificado de que los vehículos cumplen con los requerimientos para ser importados permanentemente a los EEUU, a pesar de que no son de la versión estadounidense o de la canadiense y que son idénticos a los de la versión de los EEUU. En caso de que no sean idénticos, los importadores certificados deben llevar a cabo todas las modificaciones y las pruebas de emisiones necesarias para que cumplan con lo requerido durante su vida útil y deben enviar un reporte de todas las modificaciones a la EPA, con el fin de poder importar tales vehículos (EPA, 2010).

Los requerimientos de las emisiones son los valores máximos permitidos, medidos en gramos/millón, de las partículas de algunas sustancias como los hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones de otros vapores (EPA, 2010). Las cantidades máximas permisibles de las emisiones dependen del tipo de vehículo, de la edad del vehículo y del tipo de combustible que utiliza. En el Anexo F se muestran algunos ejemplos de los límites de emisión de gases permitidos.

De acuerdo con Faiz, Weaver y Walsh (1996), en los EEUU las mediciones de gases contaminantes de los vehículos se llevan a cabo en en dinamómetros de chasis, en ciclos de conducción que simulan las condiciones del entorno urbano y el resultado de las emisiones que se reporta es el promedio de la mediciones tomadas en tres etapas: encendido del motor en frío, uso del motor caliente estabilizado y encendido del motor en caliente. En la Ilustración 2-71 se muestra un ejemplo de un ciclo de prueba para medir las emisiones de gases contaminantes de los vehículos.

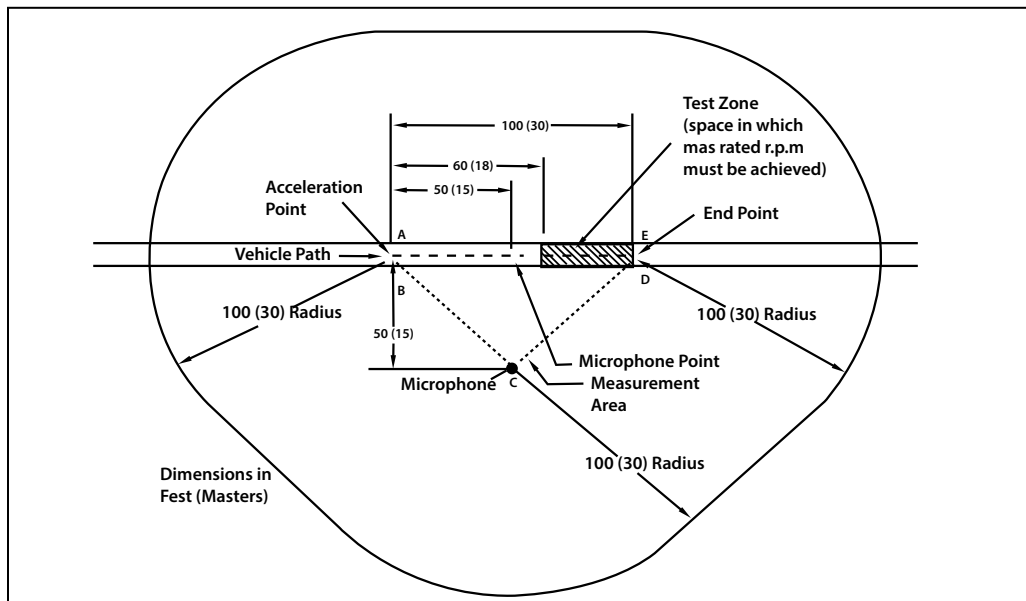
Ilustración 2-71. Ciclo de prueba para la medición de los gases emitidos por los vehículos a motor



Obtenida de EPA federal test procedure (FTP), por Environmental Protection Agency, n.d.

La contaminación ambiental producida por los vehículos no sólo se da en la forma de emisión de gases contaminantes, sino que también se presenta como contaminación sónica. Para controlar los niveles de ruido producidos por los automotores, la EPA emitió los niveles de ruido requeridos y los procedimientos para medirlos. El nivel de ruido permitido para los vehículos depende del tipo de vehículo y de su año de fabricación. Por ejemplo, para los camiones medianos o pesados construidos entre los años 1979 y 1988, el nivel de ruido permisible es de 83 dB(A), y para los camiones medianos o pesados construidos después de 1988, el nivel de ruido permisible es de 80 dB(A) (Transportation Equipment Noise Emission Controls, 2010). Para llevar a cabo la medición, se conducen los vehículos por una pista colocada en una zona abierta que no posea áreas que reflecten el sonido (ver Ilustración 2-72), tales como los edificios, y durante su recorrido por la pista se aceleran los vehículos por diversas etapas hasta alcanzar una velocidad máxima de 56 km/h (Transportation Equipment Noise Emission Controls, 2010).

Ilustración 2-72. Área de prueba de la medición del sonido de los vehículos



En esta figura se muestran las dimensiones del área y la pista de prueba en la que se llevan a cabo las mediciones de los niveles de ruido de los vehículos. Obtenida de Transportation Equipment Noise Emission Controls, 40 C.F.R §205 (2010), §205.54.

En el caso de las motocicletas, los niveles de ruido requeridos dependen del año de fabricación y de su cilindrada, pero para el caso de las motocicletas que se utilizan en las vías públicas sus límites de ruido varían entre 60 dB(A) y 73 dB(A), y la medición se toma en el sistema de escape. Además, también se llevan a cabo pruebas para determinar el nivel de ruido de solamente los sistemas de escape de las motocicletas y algunos de sus componentes. Tales dispositivos deben estar diseñados de manera tal que al instalarlos en las motocicletas sus niveles de ruido se mantengan entre los 70 dB(A) y 80 dB(A) (Transportation Equipment Noise Emission Controls, 2010).

En los requerimientos constructivos de ciertos vehículos no es suficiente sólo determinar el nivel de ruido exterior que ellos producen, sino que también se debe llevar a cabo la medición del nivel de ruido en la cabina del conductor. Este es el caso de los buses, camiones y tractocamiones, los cuales según las regulaciones estadounidenses, no deben presentar niveles de ruido mayores a 90 dB(A). La medición del nivel de ruido interior se lleva a cabo colocando la marcha en neutro y acelerando hasta alcanzar las máximas revoluciones (FMCSA, 2009).

3

Normativa de importación de vehículos en Canadá



Al igual que en los EE.UU, los vehículos que van a ser importados a Canadá deben cumplir con ciertos estándares de seguridad y ambientales. Los estándares canadienses de seguridad para automotores o CMVSS (por sus siglas en inglés), buscan reducir el riesgo de muerte, daños a la propiedad o lesiones causados en los accidentes de tránsito, mientras que los requerimientos de emisiones están enfocados en reducir los niveles de contaminación atmosférica y sónica producidos por los automotores.

3.1 Estándares canadienses de seguridad vehicular (CMVSS)

Los CVMSS son regulados por Transport Canada y, según el *Consejo Canadiense de la Asociación Automotriz*⁹ -o CAPC por sus siglas en inglés- (2005), los CMVSS fueron desarrollados en 1971 a partir de los FMVSS, por lo que en muchos aspectos son bastante similares a los estándares estadounidenses. A pesar de ello, hay algunos estándares que no se aplican en Canadá, existen discrepancias en algunos de los CMVSS que fueron basados en los FMVSS y hay otros estándares canadienses que no se aplican en los EEUU. Es por ello que para poder importar vehículos desde los EEUU a Canadá o viceversa, puede que sea necesario realizarles ciertas modificaciones.

Son pocas las diferencias entre los FMVSS y los CMVSS y entre ellas se encuentran las regulaciones sobre las llantas. Al igual que en los FMVSS 109, 119 y 139 en las *Regulaciones de seguridad de las llantas de los automotores*¹⁰ se especifican los requerimientos de las llantas para vehículos de pasajeros, vehículos de carga y motocicletas canadienses. Estos estándares llevan la misma numeración que los FMVSS 109, 119 y 139 y no presentan diferencias significativas con respecto a ellos. No obstante, en las regulaciones canadienses no se especifican los requerimientos para las llantas reencuchadas, llantas no neumáticas nuevas, sistemas de monitoreo de la presión; los cuales sí están descritos en los FMVSS 117, 129 y 138 respectivamente.

Otra diferencia es entre los FMVSS y los CMVSS es que no existe un CMVSS para cascos de motociclistas, sino que se aceptan diversas regulaciones. De acuerdo con *Motorcycle Helmet Regulations* (2011), en Canadá se aceptan los cascos que están contruidos bajo la norma CAN-3-D230 de la Asociación Canadiense de Estándares, el FMVSS 218, la regulación vehicular ECE 22, la norma SNELL, entre otras. Por lo tanto, los requerimientos canadienses son más flexibles en cuanto a los cascos de motociclistas respecta, dado que a ese país pueden ingresar cascos contruidos bajo diversos estándares, siempre y cuando estén certificados.

La mayoría de los FMVSS que no se mencionaron anteriormente son aplicados en Canadá bajo el nombre de CMVSS. No obstante, no todos son completamente iguales sino que en algunos estándares existen algunas diferencias significativas.

Además, al llevarse a cabo la comparación de los FMVSS y los CMVSS, no sólo se pueden encontrar estándares estadounidenses que no aplican en Canadá, ni estándares canadienses basados en los FMVSS que presentan ciertas discrepancias. También existen otros estándares canadienses que regulan algunos aspectos del diseño y construcción de los vehículos que no se aplican en los EEUU. Entre esos estándares se encuentran: la integridad de los tanques de combustible de los vehículos que utilizan gas licuado de petróleo o LPG, la integridad de los tanques de combustible de las motocicletas y triciclos, la estabilidad de los triciclos, la resistencia de los ejes de las casas rodantes, las especificaciones para los acoplamientos tipo C, las especificaciones para los enganches de los acoplamientos tipo C y los dispositivos para la sujeción de la carga en los semirremolques que no poseen paredes o techo permanentes.

⁹Traducido de Canadian Automotive Partnership Council

¹⁰Traducido de Motor Tire Safety Regulations

A continuación se explican brevemente las diferencias entre los FMVSS y los CMVSS, junto con aquellos estándares canadienses que no se aplican en los EEUU.

CMVSS 108 (Luces, elementos reflectantes y equipos similares)

A diferencia del FMVSS 108, los vehículos que se importan a Canadá deben tener luces diurnas, mientras que en el FMVSS 108 este tipo de luces se establecen como opcionales. Además, como lo indica el CMVSS 180.1 el estándar canadiense permite que los vehículos posean luces delanteras que cumplan con los estándares europeos.

CMVSS 114 (Sistema de protección contra robos y prevención de rodamiento)

En el caso de los sistemas contra robos, en éste estándar se especifica que los vehículos deben poseer inmovilizadores, cuyos estándares de desempeño están basados en la norma europea ECE 97 y ECE 116, lo cual no es requerido en el FMVSS 114.

Los inmovilizadores son sistemas que evitan que los vehículos puedan ser conducidos, ya que desactivan al motor cuando alguien trata de robarlos. Los inmovilizadores utilizados en Canadá difieren de los europeos en que no deben cumplir con los requerimientos de ruido, requieren de un tiempo mínimo de 5 minutos para poderlos desactivar utilizando herramientas simples, por ningún motivo pueden afectar el sistema de frenos y en que los inmovilizadores deben activarse automáticamente, sin requerir ninguna acción del conductor, un minuto después de que se ha retirado la llave de la posición de ignición del motor. Por lo tanto, en cuanto a los inmovilizadores la norma canadiense es más estricta que la europea, pero es menos estricta en lo referente a los niveles de ruido.

CMVSS 201 (Protección de los ocupantes contra impactos en el interior del vehículo)

El estándar canadiense de la protección de los ocupantes contra impactos en el interior del vehículo es menos estricto que el FMVSS 201, ya que el estándar estadounidense especifica los requerimientos para los impactos de la cabeza contra las partes superiores del interior del vehículo, mientras que en el CMVSS 201 no se indican los requerimientos de este aspecto.

CMVSS 205 (Materiales vítreos)

La diferencia entre el CMVSS 205 y el FMVSS 205 simplemente es que el estándar canadiense permite realizar las pruebas según el procedimiento indicado en el estándar ANSI Z6-1990 o el ANSI Z6-1996, mientras que el estándar estadounidense sólo permite hacerlas según el estándar ANSI Z6-1996.

CMVSS 208 (Sistemas de retención de los ocupantes ante colisiones frontales)

Este estándar está basado en el FMVSS 208, no obstante entre ambos existen grandes diferencias.

Para determinar el nivel de protección ante colisiones frontales de los sistemas de retención de los ocupantes, en el CMVSS 208 se estipula que se deben realizar pruebas de colisión frontales utilizando

maniquíes antropomórficos con el tamaño de un hombre adulto promedio (Transport Canada, 1996, p.4). La prueba consiste en colocar los maniquíes en los asientos delanteros utilizando los cinturones de seguridad, y se colisiona el vehículo frontalmente a 48 km/h contra una barrera fija. Al finalizar la prueba, la aceleración de la cabeza de los maniquíes no debe ser superior a 80 G, el $HIC_{2.5}$ menor a 700, la compresión del esternón no debe ser mayor a 50 mm o 600 mm (dependiendo del tipo de vehículo) y la fuerza transmitida en el fémur debe ser menor a 10 kN.

Una discrepancia entre ambos estándares es que en el FMVSS 208 se mide la aceleración del tórax, en vez de la aceleración de la cabeza. Otra diferencia es que para que los vehículos cumplan con el estándar estadounidense, la deflexión del esternón del maniquí no debe superar los 76 mm, por lo que en este sentido el estándar canadiense puede ser más estricto. No obstante, en el estándar canadiense no se especifican los requerimientos del índice de daño en el cuello (Nij), no se especifican las fuerzas pico de compresión o tensión en el cuello, no se llevan a cabo pruebas de volcamiento ni de choque lateral, no se realizan pruebas con maniquíes cuyo tamaño sea el del percentil 5 de una mujer adulta, ni de maniquíes cuyos tamaños son similares a niños de uno, tres o seis años de edad, como sí se especifica en el FMVSS 208. Por lo tanto, es más riguroso el procedimiento seguido en el estándar estadounidense.

CMVSS 209 (Cinturones de seguridad)

Existen algunas diferencias entre el CVSS 209 y el FMVSS 209. La primera es que en el CMVSS 209 no se especifican los requerimientos para el ajuste de los cinturones, para los rebobinadores no bloqueantes, ni para los cinturones manuales. Otra diferencia es que en el aspecto de los limitadores de carga el CMVSS 209 permite utilizar limitadores de carga que no cumplan con los requisitos de la elongación máxima, siempre y cuando tales limitadores estén colocados en una posición en la que el ocupante también está protegido por una bolsa de aire.

CMVSS 210 (Anclajes de los sistemas de los cinturones de seguridad)

Este estándar es equivalente al FMVSS 210. No obstante, el CMVSS 210 posee dos extensiones llamadas CMVSS 210.1 y 210.2, las cuales se utilizan como equivalentes para el FMVSS 225, ya que en el CMVSS 210.1 se especifican los requerimientos para el anclaje superior de los dispositivos de retención de niños y en el CMVSS 210.2 se especifican los requerimientos para los anclajes inferiores para el mismo tipo de dispositivos.

CMVSS 213 (Sistemas de retención infantil y de personas con movilidad limitada)

Las pruebas que se realizan a los sistemas de retención infantil son iguales a las estipuladas en el FMVSS 213, salvo que no se especifica la prueba de impacto a 32 km/h y que se realizan algunas otras pruebas que no incorpora el FMVSS 213. Entre ellas destacan la prueba quasi-estática de las silla elevadoras, el ensayo de la fuerza de apertura de las hebillas de los sistemas de retención personalizados para personas con movilidad limitada y la prueba de resistencia de la hebilla bajo una carga estática.

La prueba quasi-estática de las sillas elevadoras consiste en aplicar una fuerza de compresión en el asiento para medir la deflexión. Primero se aplica una precarga de 175 N y luego se aplica una fuerza de 2,250 N. Al finalizar la prueba la deflexión debe ser menor o igual a 25 mm para que los resultados sean considerados satisfactorios.

Después de someter los sistemas de retención personalizados para personas con movilidad limitada a las pruebas dinámicas de impacto, también se debe someter sus hebillas a una prueba de apertura igual a la que se someten los sistemas de retención para niños, aplicando una fuerza de tensión sobre el sistema a través de las extremidades del ocupante (ver Ilustración 2-54). No obstante, el CMVSS 213 también estipula las fuerzas que se deben aplicar en el sistema a través de las extremidades de personas con otros tamaños como se puede apreciar en la Tabla 3-1. Durante la aplicación de tales fuerzas debe poder abrirse la hebilla cuando se presiona su botón con una fuerza no mayor a 71 N.

Tabla 3-1. Fuerzas de prueba aplicadas sobre los sistemas de retención personalizados para personas con movilidad limitada

Rango de masa de la persona (kg)	Fuerza de prueba (N)
$m > 65$	900
$45 < m \leq 65$	600
$30 < m \leq 45$	437
$22.7 \leq m \leq 30$	350
$m \leq 22.7$	270

Modificada del CMVSS 213.3, 2012.

También se llevan a cabo pruebas para estudiar la resistencia de la hebilla de los sistemas de retención personalizados para personas con movilidad limitada, cuando se aplica una carga estática sobre las hebillas. Esta prueba consiste en aplicar una fuerza de compresión de 1,780 N en la línea central de la faja que se extiende a través de la hebilla o a través del mecanismo de apertura. La línea de acción de la fuerza debe estar a un ángulo de 60° con respecto a la línea central de la faja, mientras que se aplica una fuerza de tensión de 333 N en las fajas conectadas a la hebilla. Esta prueba se lleva a cabo para determinar el cumplimiento con el CMVSS 209 (equivalente al FMVSS 209) el cual indica que la hebilla no debe abrirse bajo la acción de la fuerza de 1,780 N y una vez que dicha fuerza se retira, la hebilla debe continuar funcionando correctamente.

CMVSS 214 (Resistencia de las puertas laterales):

A pesar de que este estándar se basa en el FMVSS 214, en las pruebas sólo se determina la resistencia de las puertas, pero no se llevan a cabo las pruebas de colisión lateral contra una barrera deformable, ni de colisión lateral contra un poste. Por lo tanto, las pruebas que se realizan para determinar que los vehículos cumplan con el FMVSS 214 son más rigurosas que las que se estipulan en el CMVSS 214.

CMVSS 215 (Parachoques)

La diferencia entre la normativa de los parachoques de Canadá y la de los Estados Unidos de América, es que la normativa canadiense permite los parachoques fabricados siguiendo los requerimientos estadounidenses o los requerimientos de la norma europea ECE N° 42, con la salvedad de que en la norma canadiense no se aceptan los métodos de ensayo equivalentes.

CMVSS 220 (Protección ante vuelcos)

La prueba para determinar la protección ante vuelcos se lleva a cabo de forma similar a lo estipulado en el FMVSS 220, no obstante, esta prueba se aplica a otros vehículos y no solo a los vehículos de transporte escolar.

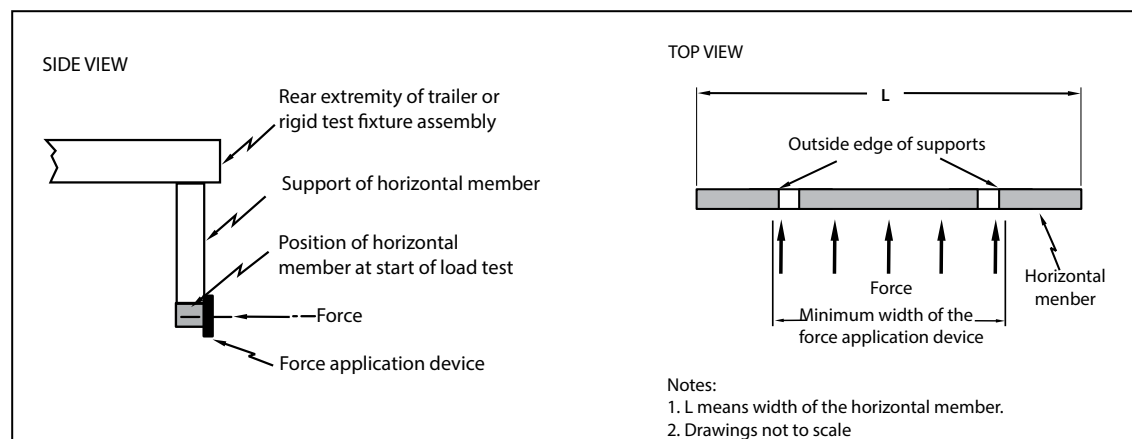
CMVSS 222 (Sillas y protección contra colisiones en los buses escolares)

El CMVSS 222 solo contempla las pruebas de absorción de energía de los respaldares y las pruebas del comportamiento del respaldar ante fuerzas de empuje hacia adelante.

CMVSS 223 (Dispositivos anti-incrustamiento traseros)

Al igual que en el FMVSS 223, el estándar canadiense se basa en determinar la capacidad de dispositivos traseros de resistir fuerzas y absorber energía que poseen los dispositivos anti-incrustamiento. No obstante, se presenta la diferencia de que en lugar de determinar la deflexión obtenida al aplicar una carga en el punto P3 (ver Ilustración 2-67), en el estándar canadiense se especifica, de manera opcional, que la deflexión no debe sobrepasar 125 mm cuando se aplica una carga uniformemente distribuida de 350,000 N a lo largo del dispositivo anti-incrustamiento, como se muestra en la Ilustración 3-1. Otra discrepancia entre el FMVSS 223 y el CMVSS 223, es que en el último estándar se requiere que entre los primeros 125 mm de deflexión, los dispositivos anti-incrustamiento sufran una deformación plástica y absorban una energía de 20,000 J cuando se aplica una carga distribuida de 700,000 N, en lugar de los 5,650 J obtenidos al aplicar una carga puntual en P3 mostrado en la Ilustración 2-67.

Ilustración 3-1. Pruebas de deflexión en dispositivos antiincrustamiento traseros



En esta figura se muestra la carga distribuida que se aplica en un dispositivo anti-incrustamiento, con el fin de determinar si cumple con los requerimientos de la deflexión máxima estipulados por los estándares canadienses. De *Test method 223: Rear impact Guard, por Transport Canada, 2003*. Esta infografía se reprodujo con permiso de Transport Canada.

CMVSS 301 (Integridad de los sistemas de combustible)

CMVSS 301.1 (Integridad del sistema de combustible de los vehículos que utilizan como combustible el gas licuado de petróleo o LPG)

Para corroborar que los sistemas de combustible de LPG cumplen con los requerimientos, se llevan a cabo las mismas pruebas que en el FMVSS 303. Sin embargo, a diferencia del FMVSS 303, en el CMVSS 301.1 se requiere que media hora después de haberse realizado las pruebas, la cantidad de combustible perdida permisible no sea mayor a 142 g y la presión del lado de alta presión, no puede ser menor al 95% de la presión inicial.

Además, el CMVSS 301.1 permite usar como alternativa las pruebas y procedimientos estipulados en el estándar canadiense para los componentes de los sistemas de propano para vehículos que circulan en carreteras y en el código canadiense para la instalación de los sistemas y tanques de propano para los vehículos que circulan por carretera.

CMVSS 301.2 (Integridad del sistema de combustible de los vehículos que utilizan como combustible gas natural comprimido):

Este estándar canadiense es equivalente al FMVSS 303, y para corroborar que los sistemas de combustible de gas natural comprimido cumplen con los requerimientos, se llevan a cabo las mismas pruebas que en el FMVSS 303. Sin embargo, a diferencia del FMVSS 303, en el CMVSS 301.2, exceptuando el caso de los buses escolares, se permite usar como alternativas las pruebas y procedimientos estipulados en el código canadiense para los sistemas de gas natural comprimido de los vehículos que circulan por carretera.

Además, el CMVSS 301.2 permite que los cilindros de gas natural comprimido que se instalan en los vehículos estén fabricados bajo los requerimientos de la norma canadiense de cilindros de alta presión para almacenaje de gas natural colocados en vehículos motorizados o bajo los requerimientos básicos para los contenedores de gas natural comprimido para vehículos, estipulados por la ANSI/AGA-NGV2, en lugar de aplicar el FMVSS 304.

CMVSS 301.3 (Integridad de los sistemas de combustible de las motocicletas y triciclos)

No existe un estándar estadounidense dictado por el DOT que sea equivalente al CMVSS 301.3. Este estándar estipula que los tanques de las motocicletas y de los triciclos que deben cumplir con los requerimientos estipulados en la práctica SAE J1241 de tanques de combustible y de lubricantes o con los requerimientos estipulados por el parlamento europeo y el consejo europeo del 17 de junio de 1997.

CMVSS 901 (Ejes)

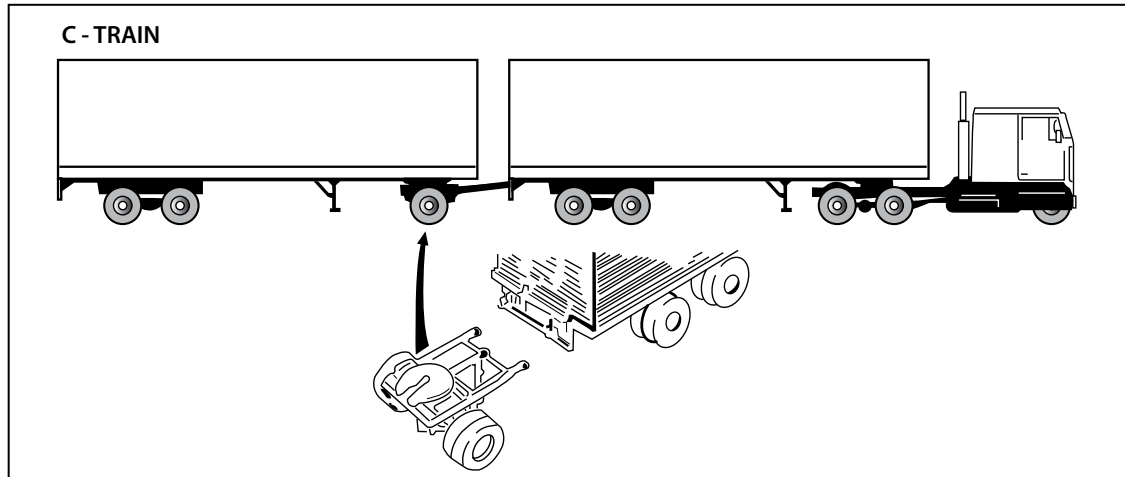
Este estándar vela por que la capacidad de carga indicada para cada uno de los ejes de las casas rodantes y otros tipos de vehículos no comprometa a otros componentes del vehículo. Para ello se mide la capacidad de carga, procurando que la carga individual de cada eje no sobrepase la capacidad de carga de los resortes de la suspensión, de los aros, de los ejes, ni de las llantas.

CMVSS 903 (Especificaciones para los acoplamientos tipo C para semirremolques)

Los acoplamientos para remolque tipo C son los que poseen dos puntos de enganche y un solo eje, como se muestra en la Ilustración 3-2. Para poder utilizar estos dispositivos en Canadá, los acoplamientos tipo C deben poseer los siguientes sistemas o dispositivos:

1. Un sistema de dirección.
2. Un mecanismo que permita que las ruedas vuelvan a la posición hacia adelante cuando la fuerza de rotación se deja de aplicar.
3. Un dispositivo que automáticamente bloquee la dirección de las ruedas, haciendo que se dirijan sólo hacia el frente o atrás en caso de que se presente un fallo del mecanismo mencionado en el punto 2.
4. Un controlador que permita al conductor bloquear o desbloquear el dispositivo de rotación de las llantas del acople sobre el eje vertical y que bloquee el eje en la posición de rotación hacia adelante en caso de que el control del conductor falle.

Ilustración 3-2. Acoplamiento tipo C

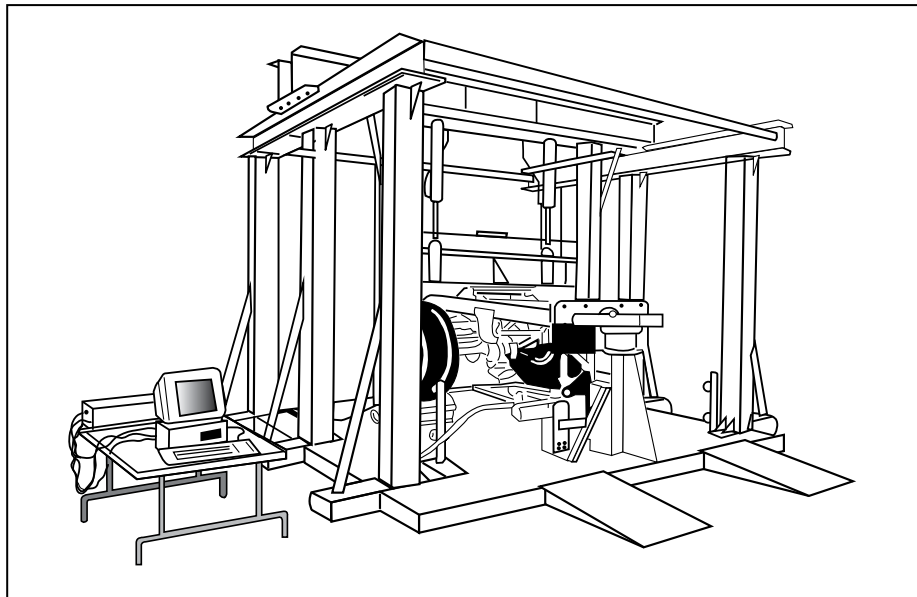


En esta figura se muestra un acoplamiento tipo C para semirremolques, los cuales se caracterizan porque tienen dos puntos de enganche para unirlos al semirremolque delantero. Obtenida de *Development of design and operational guidelines for C-converter dolly*, por J. Woodrooffe, P. LeBlanc & M. El-Gindy, n.d. Reproducida con el permiso de los autores.

Además de los requerimientos de maniobrabilidad, los acoples en C son sometidos a pruebas de resistencia del sistema de dirección y a pruebas de rigidez torsional, con el fin de determinar si cumplen con ciertos requerimientos de resistencia.

Para probar que el sistema de dirección es capaz de resistirse a giros indeseados, se coloca el acoplamiento tipo C en la máquina mostrada en la Ilustración 3-3, cargándolo con el peso máximo que puede soportar el eje. Luego se aplica un momento angular, de manera que se rota el sistema de dirección hasta que el eje alcanza el ángulo máximo de rotación y se calcula la fuerza lateral y la fuerza longitudinal equivalentes (Wilson, 1992). Para que el sistema de dirección cumpla con el estándar, la desviación permisible con respecto a su posición angular no debe superar los 0.5° . Además, cuando el sistema de dirección está sometido a una fuerza lateral de 22,320 N y a una fuerza longitudinal de 8,930 N, el sistema de dirección no debe rotar en un ángulo superior a 1° .

Ilustración 3-3. Máquina de pruebas de los acoplamientos tipo C.



En esta figura se muestra la máquina de pruebas de los acoplamientos en C, la cual permite llevar a cabo las pruebas del sistema de dirección y las pruebas de la rigidez torsional. Obtenida de *Technical analysis and recommended practice for the double-drawbar dolly using self-steering axles*, por S. Woodrooffe, LeBlanc y El-Gindy, 1989, como fue citado por Transport Canada, 1992. Reproducida con el permiso de los autores.

En la misma máquina en la que se realiza la prueba del sistema de dirección se lleva a cabo la prueba de la rigidez torsional. En esta prueba se aplica un momento torsor en los enganches del acople hasta que se alcanza un valor de 45,000 Nm y se calcula la rigidez torsional (Wilson, 1992). Para que los acoplamientos en C cumplan con lo requerido, no deben sufrir una deformación angular mayor a 0.5°, y su rigidez torsional debe ser de al menos 3,000 Nm/grado.

Por otra parte, el eje de los acoplamientos tipo C debe poder soportar una masa de 9,100 kg. Si ellos poseen un dispositivo que bloquee el sistema de dirección automáticamente en función de la velocidad del acoplamiento, el dispositivo debe bloquear el sistema de dirección del acoplamiento cuando éste alcanza los 60 km/h y mantenerlo bloqueado a velocidades superiores. Además, el dispositivo debe desbloquearlo y mantenerlo desbloqueado cuando la velocidad se reduce a 50 km/h.

Además de los requerimientos antes mencionados, las conexiones de los acoplamientos tipo C deben poder soportar ciertas cargas estáticas mínimas. Los valores requeridos de las cargas estáticas dependen del tipo de conexión, como se muestra en la Tabla 3-2, ya que éstas pueden tener un solo componente o pueden tener dos argollas metálicas.

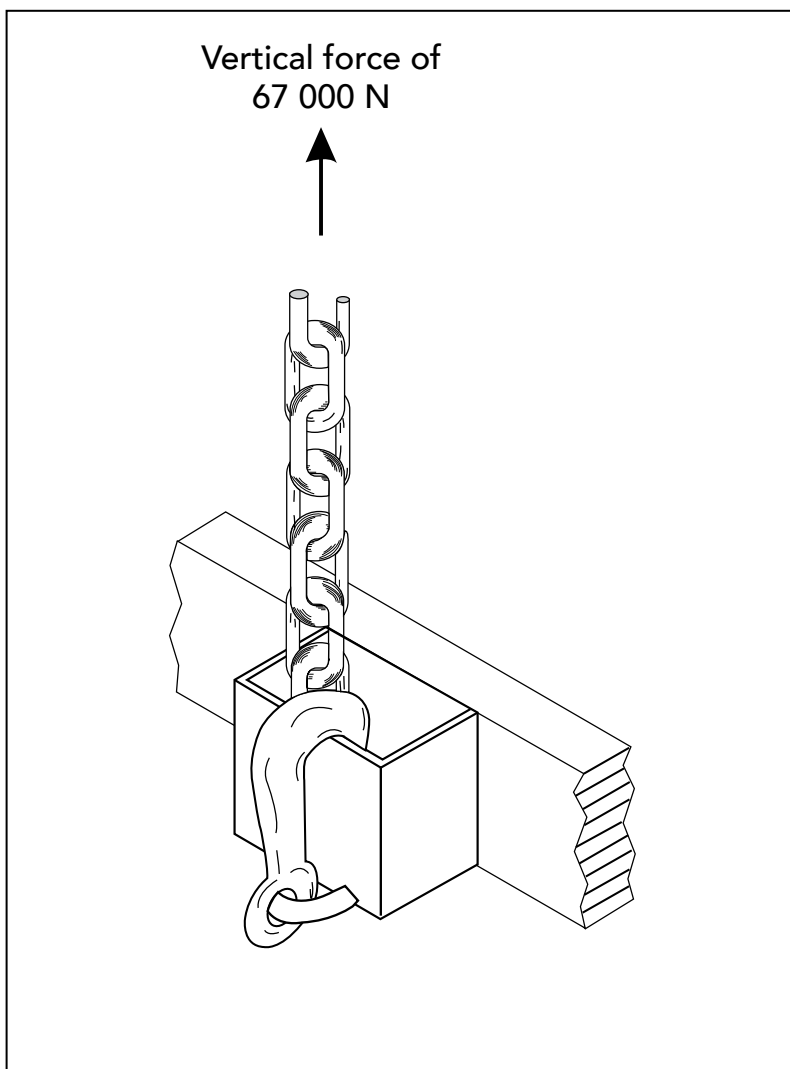
Tabla 3-2. Cargas estáticas requeridas en las conexiones de los acoplamientos tipo C

Requerimiento	Cantidad de componentes	
	Un componente	Dos argollas metálicas/ componentes
Fuerza Longitudinal (kN)	800	400
Fuerza Lateral (kN)	80	40
Fuerza Vertical (kN)	-	100
Momento torsor (KNm)	76.2	—

Modificada del CMVSS 903, 2009.

CMVSS 905 (Dispositivos de sujeción de la carga en los semirremolques):

Los remolques similares a las plataformas, caracterizados porque no poseen techo o paredes permanentes, y porque tienen una capacidad de carga de 10,000 kg deben poseer elementos que permitan amarrar la carga. Estos elementos son sometidos a una prueba de resistencia estática (ver Ilustración 3-4), en la cual deben ser capaces de soportar una fuerza de al menos 67,000 N.

Ilustración 3-4. Prueba de resistencia de los elementos de sujeción de la carga

En esta figura se muestra cómo se aplica la fuerza de 67,000 N a la cual son sometidos los elementos de sujeción de la carga. Obtenida de *Test Method 905: Trailer Cargo Anchoring Devices*, por Transport Canada, 1998. Esta infografía se reprodujo con permiso de Transport Canada.

3.2 Requerimientos canadienses de protección ambiental

Los vehículos que se importan a Canadá deben cumplir con ciertos requisitos de los niveles de emisión de gases y niveles de emisión de ruido. Debido a que los estándares de las emisiones de gases de los vehículos que transitan por las carreteras y de los vehículos utilizados para trabajo de campo (como los tractores) de los Estados Unidos de América son muy estrictos, la legislación canadiense ha emitido estándares de emisiones de gases que son congruentes con los estándares estadounidenses (Environment Canada, 2000).

No obstante, no siempre ocurre lo mismo con los valores de los niveles de ruido permitidos para los vehículos que se importan a Canadá, ya que éstos pueden diferir a los valores de ruidos permitidos en los EEUU. Esto se debe en primera instancia a que en Canadá los niveles de ruido requeridos no cambian con los años de fabricación, sino que se mantienen fijos; y en segundo lugar, a que los niveles de ruido permitidos pueden variar de acuerdo con el procedimiento que se utiliza para medirlos. La legislación canadiense, a diferencia de la estadounidense, permite llevar a cabo las mediciones de los niveles de ruido según los procedimientos canadienses (CMVSS 1106), los europeos o los procedimientos dictados por la SAE. En la Tabla 3-3 se muestran algunos valores de ruido permitidos para los vehículos de Canadá (excepto motocicletas) según el tipo de procedimiento que se utiliza.

Tabla 3-3. Valores de ruido permitidos para los vehículos canadienses, excepto motocicletas

Método	Nivel de ruido dB(A)
ECE No.51	83
Método canadiense de prueba No. 1106	83
SAE J986 (Nivel de ruido para camiones livianos y vehículos de pasajeros, con un peso mayor a 2,722 kg y 4,536 kg)	83
SAE J986 (Nivel de ruido para camiones livianos y vehículos de pasajeros, con un peso menor a 2,722 kg)	80

Modificada del CMVSS 1106, 2009.

De forma similar sucede con los requerimientos del nivel de ruido de las motocicletas, ya que en Canadá se permite que las motocicletas sean construidas de manera que cumplan con los requerimientos europeos o los estadounidenses.

El CMVSS 1106 indica que para medir el nivel de ruido exterior, se lleva a cabo de manera similar al método estadounidense. Además en el estándar también se incluyen las mediciones del nivel de ruido interior para camiones con un peso mayor o igual a 4,536 kg, las cuales se realizan siguiendo el mismo procedimiento estipulado por las normas estadounidenses.

4

Normativa de importación de vehículos en la Unión Europea

En 1958, en Ginebra, la UNECE (Comisión Económica de las Naciones Unidas de Europa por sus siglas en inglés) creó el foro mundial de armonización de regulaciones de los vehículos, conocido como WP.29, que permitió establecer estándares que regularan los componentes de los vehículos en cuanto a aspectos de seguridad vial, a la conservación del medio ambiente, repuestos, sistemas antirrobo, entre otros. El acuerdo tenía el inconveniente de que solamente permitía la participación de los países miembros de la Unión Europea, por lo que en 1998 fueron anexadas al WP.29 las Regulaciones Técnicas Globales de las Naciones Unidas (UN GTRs, por sus siglas en inglés), las cuales contienen requerimientos armonizados globalmente asociados al desempeño de los vehículos y los procedimientos de prueba (UNECE, n.d.).



El marco regulatorio de la WP.29 permite la introducción de tecnologías innovadoras en el mercado vehicular, mejorando así continuamente la seguridad vehicular, reducir la contaminación ambiental, disminuir el consumo de energía y mejorar los sistemas antirrobo. Además facilita la importación y exportación de vehículos entre los países miembros de la Unión Europea y países de otras regiones. No obstante, no todos los países que pertenecen al acuerdo deben adoptar todas las regulaciones, sino que ellos pueden elegir las normativas que desean implementar (UNECE, n.d.).

4.1 Regulaciones de la UNECE concernientes a la seguridad vehicular

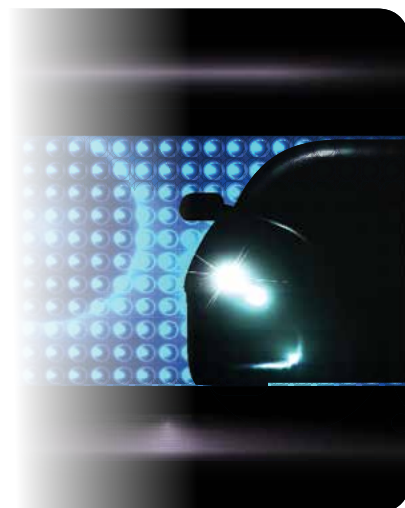
Las regulaciones de la UNECE referentes a las seguridad vehicular comprenden varios aspectos constructivos de los vehículos, entre los que se hayan los aspectos de las luces, la protección para los ocupantes ante colisiones, las llantas, entre otros. A continuación se presenta una descripción breve de los estándares en los que se especifican pruebas para determinar el desempeño.

Desempeño de las luces de los vehículos

En las normas de la UNECE se establecieron varias regulaciones sobre los diversos tipos de sistemas de iluminación de los vehículos, pero los ensayos de laboratorio que se realizan para determinar si esos sistemas cumplen con las especificaciones en varias ocasiones son iguales, con la diferencia de que puede haber ciertas variaciones en los criterios de aceptación. En la Tabla 4-5 se indican las pruebas requeridas por cada normativa europea asociada al desempeño de las luces de los vehículos. Las normas concernientes a los diversos tipos de luces que tienen pruebas de laboratorio en común son las siguientes:

- ECE 1 Normativas para los focos delanteros que emiten un haz de luz asimétrico, tanto para las luces bajas como las largas, que poseen lámparas de filamentos de categoría R2.
- ECE 5 Lámparas delanteras selladas que emiten un haz de luz asimétrico.
- ECE 6 Luces direccionales para vehículos motorizados y sus remolques o semirremolques.
- ECE 7 Luces delanteras y posteriores, luces de frenado y luces externas de contorno.
- ECE 8 Focos delanteros de las luces altas y bajas que emiten un haz de luz asimétrico y que están equipados con filamentos de halógeno tipos H1, H2, H3, HB3, HB4, H7, H8, H9, HIR1, HIR2 y H11.
- ECE 20 Focos delanteros que emiten un haz asimétrico, tanto para luces bajas como altas y que están equipadas con un filamento halógeno (luces H4)
- ECE 23 Luces de reversa de los vehículos de motor, remolques y semirremolques.
- ECE 31 Luces altas y bajas con el foco sellado (SB) que emiten un haz de luz asimétrico.

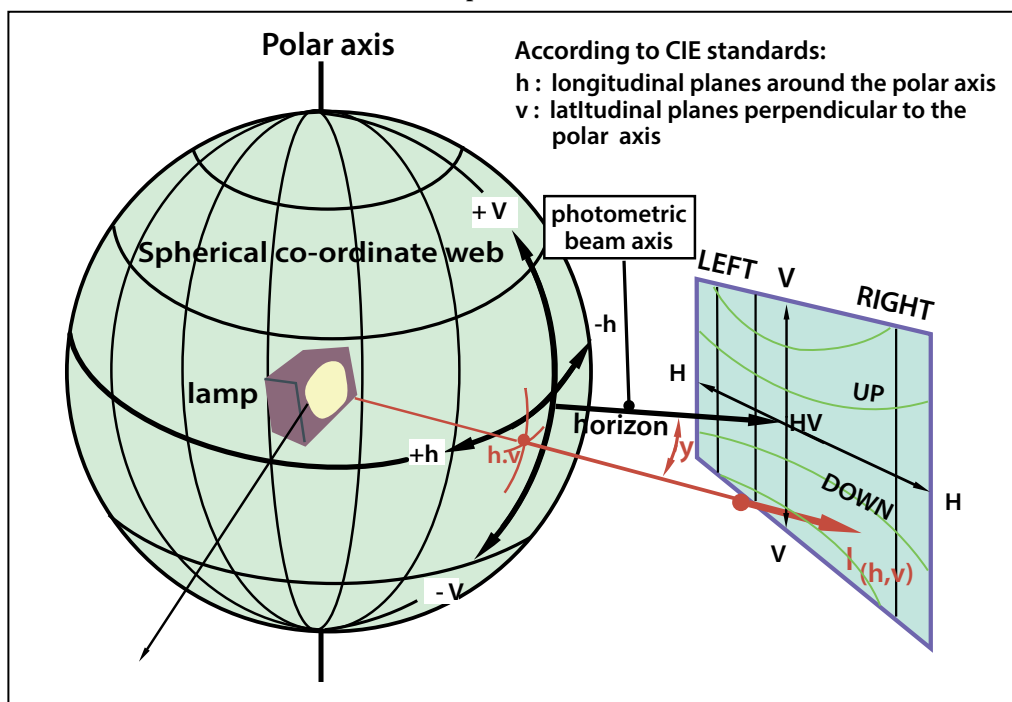
- ECE 37 Lámparas de filamento.
- ECE 38 Luces delanteras para neblina de los vehículos motorizados, remolques y semirremolques.
- ECE 50 Luces de posición frontales, luces de posición traseras, luces de freno, luces direccionales y luces de las placas de las motocicletas y triciclos.
- ECE 72 Luces altas de las motocicletas.
- ECE 76 Luces altas de la bicimotos y los scooters (mopeds).
- ECE 77 Luces de estacionamiento para vehículos de motor.
- ECE 82 Luces delanteras de las bicimotos y los scooters (mopeds).
- ECE 87 Luces diurnas.
- ECE 91 Luces laterales.
- ECE 98 Focos delanteros equipados con fuentes de luz de descarga eléctrica en gas.
- ECE 99 Fuentes de luz de descarga eléctrica en gas.
- ECE 112 Luces delanteras que emiten un haz de luz asimétrico.
- ECE 113 Luces delanteras que emiten un haz de luz simétrico.
- ECE 119 Luces direccionales.
- ECE 123 Sistemas de luces frontales adaptativas.
- ECE 128 Luces LED.



De acuerdo con los estándares europeos, las luces deben tener un funcionamiento adecuado y proveer suficiente iluminación. Esto implica que ellas deben estar diseñadas de tal manera que puedan brindar suficiente intensidad luminosa y mantener un buen funcionamiento a pesar de que sean sometidas a vibraciones, por lo que ellas son sometidas a pruebas de estabilidad fotométrica y a pruebas del cambio vertical de la línea de corte causado por el calentamiento, pruebas de color y pruebas de resistencia del material, entre otras.

Para medir el desempeño fotométrico y evaluar la estabilidad fotométrica se proyecta la luz sobre una pantalla de medición desde una separación que se obtiene de la ley del cuadrado inverso de la distancia¹¹, salvo que se especifique la distancia de prueba, y para hacer las mediciones se usa una celda fotoeléctrica. En algunos casos, los focos deben ser envejecidos aplicando cierta cantidad de ciclos de encendido, antes de realizar las mediciones del desempeño fotométrico.

Ilustración 4-1. Sistema coordenado esférico para las mediciones fotométricas



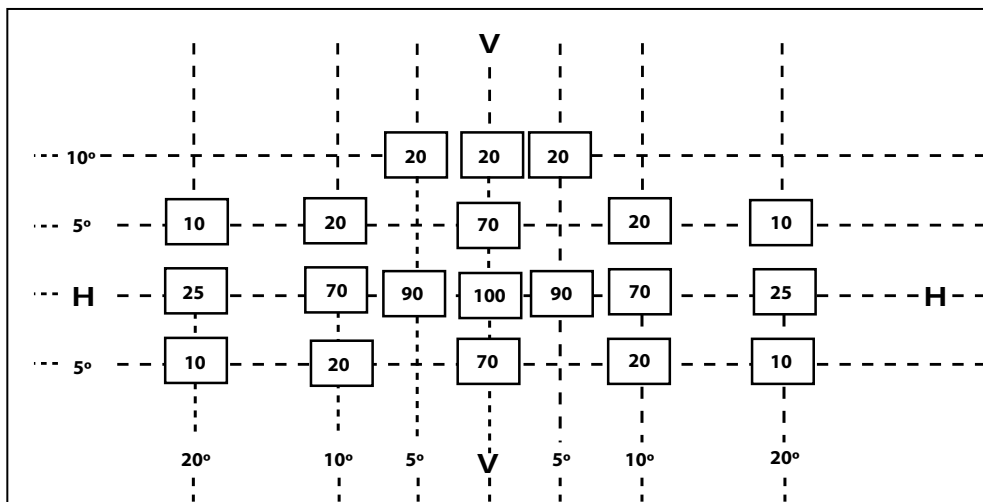
"From regulation No.98: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps equipped with gas-discharge light sources, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

¹¹La ley del cuadrado inverso de la distancia establece que la iluminancia (E) de una fuente de luz, medida en cierto punto, equivale a la potencia (I) de la fuente de la luz entre el cuadrado de la distancia de su ubicación, o en otras palabras: $E = \frac{I}{r^2}$

En la pantalla de medición se identifican ciertos puntos de las coordenadas esféricas utilizadas en las mediciones fotométricas (ver Ilustración 4-1). El patrón de medición y los requerimientos del desempeño fotométrico dependen del tipo de luz que se va a evaluar, pero los ejes de referencia mayormente utilizados para estas evaluaciones son el eje V-V que indica el eje vertical del haz de luz proyectada y el eje H-H que indica el horizontal.

Por ejemplo, de acuerdo con la regulación vehicular ECE 87, las luces diurnas deben brindar como mínimo una intensidad luminosa de 400 cd en el eje de referencia (este eje está marcado por el punto de intersección H-V) y en ningún lugar del patrón fotométrico la de medición debe exceder 1,200 cd. Para evaluar las luces diurnas, las mediciones de la intensidad luminosa se llevan a cabo dos veces, un minuto y 30 minutos después de haberlas encendido, y los valores de intensidad deben cumplir con los porcentajes indicados en la Ilustración 4-2. Además, al proyectar su luz en el patrón de medición su color debe ser blanco.

Ilustración 4-2. Distribución luminosa de las luces diurnas



Los valores indicados dentro de la malla son porcentajes del valor de intensidad luminosa mínimo requerido.

"From regulation No. 87: Uniform provisions concerning the approval of daytime running lamps for power-driven vehicles, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Otro ejemplo son los focos delanteros equipados con fuentes de luz generada por descarga eléctrica en un medio gaseoso. De acuerdo con la regulación vehicular ECE 98 tales focos delanteros deben cumplir con los siguientes requerimientos de iluminación: por lo menos 2,500 cd en el punto 0.86D-1.72L¹² y no más de 800 cd en el punto 0.75U-3.43R¹³ y viceversa, para los focos adaptados para el tráfico que circula por el lado izquierdo. Además, la fuente de iluminación debe cumplir con la regulación vehicular 99, si poseen más de una fuente deben cumplir con lo indicado en la regulación 37.

El desempeño fotométrico de los focos regulados bajo la normativa ECE 98 debe medirse entre 10 m y 25 m de distancia, usando una celda fotoeléctrica con un área de forma cuadrada de 65 mm de lado. Se considerará que el foco cumple con lo requerido si satisface los requerimientos fotométricos después

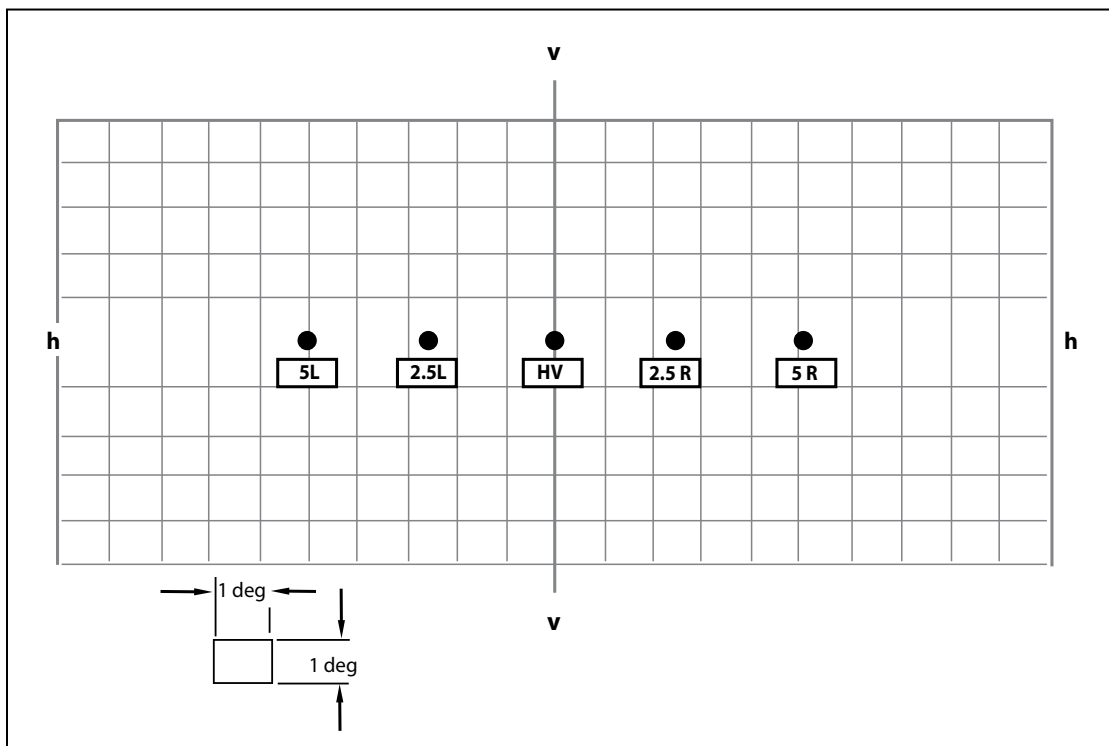
¹² L indica el lado izquierdo

¹³ R indica el lado izquierdo

de haber sido envejecido por 15 ciclos y si el color de la luz es blanco. La luz alta debe alcanzar 37,500 cd en el punto HV, mientras que la luz baja debe alcanzar 6,250 cd en el punto 50 V (ver Ilustración 4-3).

Además, los focos regulados bajo la normativa ECE 98 son sometidos a prueba para determinar el desempeño fotométrico de las luces altas y bajas. En cuanto a la modalidad de luz baja respecta, ellos deben cumplir con los valores de intensidad luminosa mostrados en la Tabla 4-1. Por otro lado, las luces altas deben tener una intensidad luminosa tal que el valor máximo medido en el punto de intersección HV debe ser mayor o igual a 43,800 cd, pero menor que 215,000 cd. Cabe destacar que las luces bajas deben contar con una línea de corte que permita alinearlas fácilmente y orientarlas para realizar las pruebas fotométricas, línea de corte que, para el caso de las luces que se utilizan en el tráfico que circula por la derecha, debe tener la forma mostrada en la Ilustración 4-4.

Ilustración 4-3. Puntos de mediciones fotométricas de los focos delanteros equipados con fuentes de luz de descarga eléctrica en gas



"From regulation No.98: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps equipped with gas-discharge light sources, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Una vez realizada la comprobación de los valores fotométricos de los focos, se llevan a cabo las pruebas para determinar si estos cumplen con los requerimientos de estabilidad fotométrica y del cambio de la posición vertical de la línea de corte a causa del calentamiento. Cabe destacar que los requerimientos de estabilidad fotométrica se evalúan tanto con los focos limpios, como con los focos sucios.

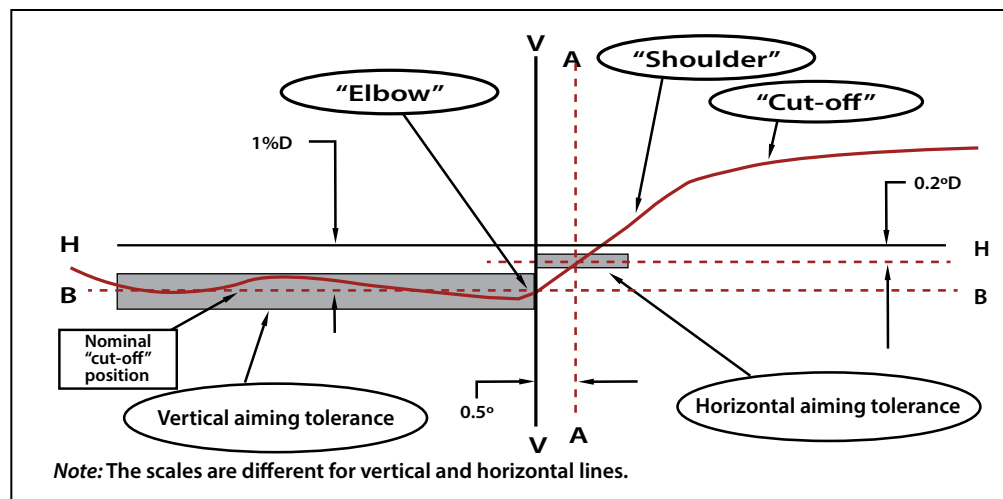
Tabla 4-1. Intensidad luminosa requerida en algunos puntos de la pantalla de proyección de las luces bajas de los focos delanteros equipados con fuentes de luz de descarga eléctrica en gas.

Punto de medición	Intensidad luminosa máxima (cd)	Intensidad luminosa mínima
HV	625	–
50 R	18,480	–
B 50 L	350	–
25 L1	18,800	–
25 L2	–	2,500
25 L3	–	1,250
50 V	–	7,500
E max R	43,800	–

Estos valores de intensidad luminosa indican los requerimientos de las luces usadas en el tráfico que circula por el lado derecho, pero al intercambiar los índices R y L se obtienen los valores requeridos para los focos utilizados en lugares donde el tráfico circula por el lado izquierdo.

"Modified from regulation No.98: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps equipped with gas-discharge light sources, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-4. Línea de corte de los focos delanteros equipados con fuentes de luz de descarga eléctrica en gas



"From regulation No.98: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps equipped with gas-discharge light sources, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Cuando se estudian los focos limpios, se encienden las luces y se les deja en funcionamiento por un periodo de 12 horas. Luego se realiza una inspección visual para verificar que no existan distorsiones, deformaciones, agrietamientos o cambios de color en los lentes a causa del uso. Sin embargo, durante ese periodo los focos deben ponerse a funcionar a una potencia mayor a la potencia de trabajo normal. Por ejemplo, en el caso de los focos regulados bajo la normativa ECE 1, en esta prueba se les alimenta con una fuente cuya potencia eléctrica es 15% mayor a la potencia de trabajo normal, cuando el voltaje de alimentación es de 6 o 12 V, mientras que para aquellos focos cuya fuente de alimentación es de 24 V, la potencia eléctrica de prueba debe ser 26% mayor. Posteriormente se realizan mediciones fotométricas para comprobar que aún así las luces bajas cumplan con los valores requeridos en los puntos de interés.

Posteriormente se lleva a cabo el ensayo con los focos sucios. En este ensayo se ensucian los focos con un agente contaminante hasta que la iluminación del foco se ha reducido en un 15% o un 20% del valor medido en el punto de iluminación máxima y se ponen los focos a funcionar por una hora bajo las condiciones antes descritas (potencia de alimentación mayor), y después se realiza la medición de los valores fotométricos. En la Tabla 4-2 se muestran los valores de iluminación requeridos en cada uno de los puntos de estudio del haz de luz de los focos regulados bajo la normativa ECE 1.

Tabla 4-2. Valores de iluminación requerida por la ECE para los focos delanteros regulados bajo la normativa ECE 1

Puntos en la pantalla de medición		Iluminación requerida en lux	
Focos para los vehículos que circulan por el lado derecho	Focos para los vehículos que circulan por el lado izquierdo		
Punto B 50 L	Punto B 50 R	≤	0.4
Punto B 75 R	Punto B 75 L	≥	6
Punto B 50 R	Punto B 50 L	≥	6
Punto B 25 L	Punto B 25 R	≥	1.5
Punto B 25 R	Punto B 25 L	≥	1.5
Cualquier punto en la zona III		≤	0.7
Cualquier punto en la zona IV		≥	2
Cualquier punto en la zona I		≤	20

"From regulation No.1: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing beam and/or a driving beam and equipped with filament lamps of category R2, © 1992, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En el ensayo del cambio de la posición vertical de la línea de corte se utiliza una fuente de luz que previamente ha sido envejecida. Luego se deja operando el foco en la función de luz baja y se determina la posición de la línea de corte 3 minutos y 60 minutos después de haberlo puesto en funcionamiento, con el fin de determinar la diferencia de la posición entre ambas mediciones. El criterio de aceptación consiste en determinar si se cumple con los valores mínimos aceptables del cambio de posición angular. Por ejemplo: en el caso de los focos construidos bajo la norma ECE 98, la fuente de luz es previamente envejecida durante 15 horas y luego se comienza el ensayo, con el fin de determinar si la diferencia entre ambas mediciones es menor que 1.0 mrad hacia arriba y menor que 2.0 mrad hacia abajo.

Las luces de los vehículos también son sometidos a pruebas para corroborar su color. No obstante, a diferencia de los ensayos anteriores en los que se sigue el mismo procedimiento para todos los tipos de luces, para determinar el color se lleva a cabo una inspección visual o se realizan mediciones colorimétricas dependiendo del tipo de luz.

La inspección visual consiste en corroborar que se mantenga cierto tipo de color en toda la extensión del patrón de proyección utilizado para realizar las mediciones fotométricas. Por ejemplo, al evaluar las luces de estacionamiento (normativa ECE 77) el color proyectado en el patrón de referencia debe ser rojo, blanco o ámbar, y fuera de este campo no se debe observar ninguna variación aguda del color. El mismo procedimiento se utiliza para las luces traseras para neblina (normativa ECE 38), las cuales deben ser de color rojo.

Las mediciones colorimétricas consisten en iluminar el objeto, cuyo color se va a evaluar, haciendo uso de un instrumento conocido como iluminante, a un ángulo que no excede 10° con respecto a un eje perpendicular al espécimen (CIE, 1986, como fue citado por Hiltunen, 2002). Para estas pruebas se utiliza un iluminante tipo A de la CIE, el cual se diferencia de una fuente de iluminación en que éste no es un emisor de luz físico (como el sol o una lámpara), sino que el iluminante representa la luz de un radiador a una temperatura absoluta de 2,856 K, para lo cual se puede utilizar una lámpara de filamento de tungsteno llena de gas operando a tal temperatura (Hiltunen, 2002). Luego se utiliza un instrumento para medir el color, el cual permite medir la longitud de onda de la luz y determinar a partir de ella las coordenadas tricromáticas utilizadas para especificar el color. Por ejemplo, al realizar las mediciones colorimétricas, las luces laterales (normativa ECE 91) deben cumplir con los valores mostrados en la Tabla 4-3.

Cuando las lámparas están hechas de plástico deben ser sometidas a pruebas de resistencia a los cambios de temperatura, a agentes atmosféricos y químicos, a detergentes e hidrocarburos y al deterioro mecánico. Asimismo, cuando los lentes están conformados por varias coberturas de plástico, estos son sometidos a pruebas de adherencia de las capas.

Tabla 4-3. Requerimientos colorimétricos de las luces laterales, según normativa ECE 91

Color	Valores de colores requeridos de acuerdo a un sistema de coordenadas tricromático	
Ámbar	Límite hacia el verde	$y \leq x - 0.120$
	Límite hacia el rojo	$y \geq 0.390$
	Límite hacia el blanco	$y \geq 0.790 - 0.670 x$
Rojo	Límite hacia el amarillo	$Y \geq 0.335$
	Límite hacia el morado	$y \geq 0.980 - x$

Elaboración propia, con base en la regulación vehicular N°91 de la ECE del año 2008.

En la prueba de resistencia a los cambios de temperatura, primero se realizan las mediciones fotométricas de los focos y luego se les somete a cinco ciclos de cambios de temperatura y de humedad relativa con las siguientes etapas:

A 3 horas a 40°C an 85 – 95% HR	B 1 hora a 23°C y 60 – 75% HR
C 15 horas a -30°C	D 1 hora a 23°C y 60 – 75%HR
E 3 horas a 80°C	F 1 hora a 23°C y 60 – 75% HR

Al cabo de los cinco ciclos se realizan mediciones fotométricas en los puntos B 50 L y 50 R para las luces bajas y de la intensidad de iluminación máxima en las luces altas. Para que los focos cumplan con lo requerido la variación de las mediciones fotométricas no deben ser superiores al 10% de las medidas iniciales, incluyendo las tolerancias permitidas.

Para determinar la resistencia a agentes atmosféricos y químicos, se toman unas muestras de los focos y se les somete a radiación desde una fuente espectral que permite aplicar una iluminación energética de 1,200 W/m² por un periodo tal que la energía recibida sea equivalente a 4,500 MJ/m². Las muestras deben ser rociadas con agua destilada durante 5 minutos y se les deja secar por 25 minutos. Al cabo de esta prueba de exposición a agentes atmosféricos, las muestras deben estar libres de agrietamientos, rajaduras, deformaciones, entre otros defectos. Además, la variación en la transmisión de la luz no debe ser mayor a 0.020. Luego de las mediciones de la transmisión de la luz, se toman las mismas muestras y se les aplica una mezcla de agentes químicos durante 10 minutos a una presión de 50 N/cm² y después se limpian las muestras. Al final no debe haber manchas producidas por los agentes químicos y la difusión del flujo lumínico no debe ser mayor que 0.020.

La prueba de resistencia a radiaciones de una fuente de luz se realiza en una muestra distinta. Este ensayo consiste en exponer una muestra a la luz de una fuente de iluminación de gas-descarga eléctrica durante 1,500 horas continuas. Al final, la luz emitida a través de la muestra debe cumplir con las especificaciones colorimétricas y la superficie debe quedar libre de grietas, rajaduras, escamas y deformaciones.

También se realiza una prueba de resistencia a detergentes e hidrocarburos. En esta prueba se toman muestras nuevas y se las sumerge en un detergente específico a 50°C. Luego se secan y se les frota con un hidrocarburo. Después se mide la transmisión de la luz la cual debe ser menor a 0.010, o de lo contrario los focos no cumplirían con lo requerido.

Nuevas muestras del material de los focos son sometidos a un ensayo de deterioro mecánico para evaluar la resistencia a la erosión. La erosión es producida por medio de un chorro de una mezcla de agua y arena a alta presión, hasta que la variación de la difusión de la luz sea 0.0250. Al final de la prueba se realizan mediciones fotométricas las cuales no deben superar en más de un 30% los valores máximos prescritos para los puntos B 50 L y HV, no deben ser inferiores al 10 % de los valores prescritos para el punto 75 R. Para el caso de los focos de solo luz alta, los valores fotométricos no deben ser menores al 10 % del mínimo valor requerido en el punto HV.

Por último, en el caso de los lentes hechos con diferentes coberturas de plástico se realiza una prueba de la adherencia de las capas. Ésta consiste en utilizar una herramienta de corte para trazar una cuadrícula con cuadros de 2 mm x 2 mm en la superficie del lente, con cortes suficientemente profundos para atravesar la cobertura. Después, se pega cinta adhesiva con una fuerza de 2 N/(cm de espesor) y se aplica una fuerza tal que permita retirar la cinta a una velocidad de 1.5 m/s. Al final, no debe haber daños en la superficie cuadrículada.

También hay algunos ensayos que se realizan específicamente en ciertos tipos de luces, como se muestra a continuación:

Fuentes de luz de descarga eléctrica en gas (ECE 99):

Las fuentes de luz de gas-descarga eléctrica son luces que se encienden al generarse una descarga entre dos electrodos separados por un gas, lo que excita las moléculas del gas produciendo la luz. Las luces hechas por éste método son sometidas a pruebas de encendido en frío, de funcionamiento y de encendido en caliente. No obstante, antes de realizar las pruebas las luces deben haber sido sometidas a 15 ciclos de envejecimiento en los que se mantienen 45 minutos encendidas, 15 segundos apagadas, 5 minutos encendidas y luego 10 minutos apagadas. Después se dejan enfriar por un periodo que depende del tipo de prueba a realizarse.

La prueba de encendido consiste simplemente en comprobar que la luz se encienda directamente después de enviar la señal eléctrica y deben mantenerse encendidas.

En la prueba de funcionamiento se miden el flujo luminoso emitido un segundo y 4 segundos después de encenderlas. En la Tabla 4-4 se muestran los requerimientos de dos tipos diferentes de luces de encendio por gas-descarga eléctrica.

Tabla 4-4. Requerimientos del flujo luminoso de algunas fuentes de luz de gas-descarga eléctrica

Tiempo (s)	Flujo luminoso objetivo mayor a 2,000 lm	Flujo luminoso objetivo menor o igual a 2,000 lm
1	25% del flujo luminoso objetivo	800 lm
4	80% del flujo luminoso objetivo	1,000 lm

Elaboración propia, con base en la regulación vehicular N°99 de la ECE.

En la prueba de encendido en caliente se mantiene la luz prendida por 15 minutos. Luego se apaga y se vuelve a encender y se mide el flujo lumínico emitido, el cual debe ser de al menos 80% del flujo luminoso objetivo.

Lámparas de filamento (ECE 37) y fuentes de luz de descarga eléctrica en gas (ECE 99):

Estas lámparas y fuentes de iluminación son sometidas a mediciones del flujo luminoso, pero las normas no establecen un procedimiento específico para llevar a cabo tales mediciones.

Tabla 4-5. Tipos de pruebas realizadas en la luces de los vehículos, según diversas regulaciones de la ECE

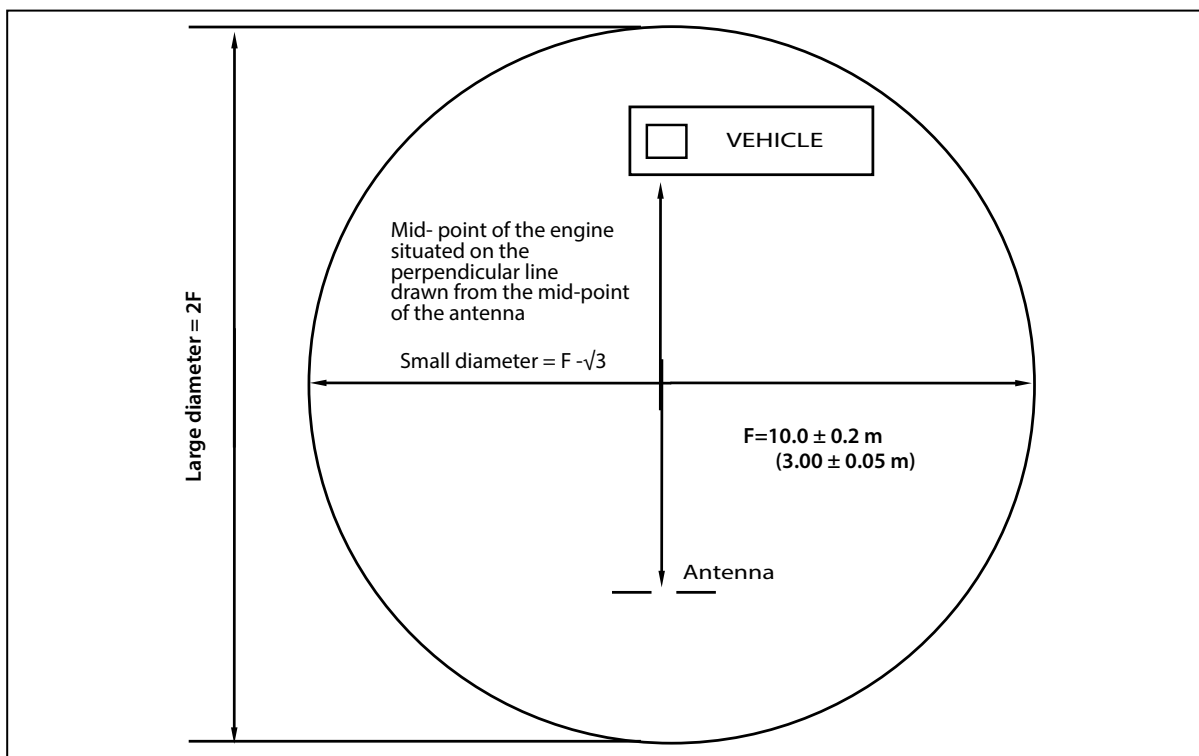
Regulación vehicular de la ECE																							
Prueba	R1	R5	R6	R7	R8	R20	R23	R31	R37	R38	R50	R72	R76	R77	R82	R87	R91	R98	R99	R112	R113	R119	R123
Desempeño fotométrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Estabilidad fotométrica	X	X			X	X		X				X						X		X	X		X
Cambio de la posición vertical de la línea de corte del haz de luz	X	X			X	X		X				X						X		X	X		X
Verificación del color en la pantalla			X	X	X		X				X		X	X		X	X						
Mediciones colorimétricas								X							X				X			X	
Resistencia a la temperatura de los focos plásticos	X	X			X	X		X										X					X
Resistencia a agentes atmosféricos, de los focos plásticos	X	X			X	X		X										X					X
Resistencia a detergentes y a hidrocarburos de los focos plásticos	X	X			X	X		X										X					X
Resistencia al deterioro mecánico de los focos plásticos	X	X			X	X		X										X					X
Adherencia de los recubrimientos de los focos plásticos	X	X			X	X		X										X					X
Resistencia al calor										X						X							
Encendido																			X				
Encendido en caliente																			X				
Funcionamiento																			X				
Medición del flujo luminoso									X										X				

Elaboración propia.

ECE 10 (Compatibilidad electromagnética de los vehículos)

Esta regulación establece el procedimiento para determinar si los sistemas electrónicos de los vehículos son inmunes a las señales electromagnéticas, con el fin de evitar que las fallas en los sistemas electrónicos confundan a los conductores y a otros usuarios de la vía. Así mismo, regula las emisiones electromagnéticas que pueden emitir los mismos vehículos, con el fin de asegurar que estas no afecten sus propios sistemas electrónicos o de otros, y para controlar las perturbaciones que ciertos accesorios pueden producir en los controles.

Los vehículos y sus sistemas eléctricos son probados para determinar los niveles de radiaciones que emiten y para determinar su inmunidad ante perturbaciones inducidas. Los límites de emisiones se miden tanto para frecuencias en banda ancha como en banda baja.

Ilustración 4-5. Área de medición de la radiación emitida por los componentes eléctricos o electrónicos de los vehículos

Cuando la medición de la radiación emitida por los componentes eléctricos o electrónicos de los vehículos se realiza al aire libre, el espacio libre debe tener las dimensiones mostradas en la figura.

"From regulation No.10: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Prueba de emisiones electromagnéticas de banda ancha y banda baja desde los vehículos.

Estas pruebas se realizan para corroborar que las emisiones electromagnéticas de los componentes eléctricos o electrónicos de los vehículos no sobrepasen o sean inferiores a los límites permitidos de radiación, los cuales varían según los rangos de frecuencia en estudio y según la distancia de ubicación de la antena de medición. Para medir la radiación emitida por las ondas electromagnéticas, se coloca una antena de medición a una distancia de 10 m o de 3 m (como se aprecia en la Ilustración 4-5), y se realizan las mediciones para las ondas emitidas a frecuencias que van desde los 30 MHz hasta los 1,000 MHz. El vehículo y la antena pueden estar colocados al aire libre o en una cámara especialmente diseñada para realizar este tipo de mediciones.

Prueba de inmunidad a las radiaciones.

Esta prueba se realiza para corroborar que el desempeño de algunas funciones de los vehículos no se vea afectado por la radiación emitida entre las frecuencias 20 MHz hasta los 2,000 MHz. La afectación no debe suceder en el 90% del rango de frecuencia si la radiación emitida es de 30 V/m rms y el 100% si la radiación emitida es de 25 V/m.

Para realizar la prueba el vehículo debe estar funcionando a una velocidad constante de 50 km/h mientras se somete a la radiación, a fin de determinar que algunas de sus funciones no se

vean afectadas, tal y como lo muestra la Tabla 4-6. Además, todos los equipos que se pueden activar permanentemente deben permanecer encendidos durante la prueba.

También se realizan pruebas de algunos subensambles eléctricos y/o electrónicos (ESA por sus siglas en inglés). Los subensambles eléctricos y/o electrónicos son dispositivos o conjunto de dispositivos que forman parte de un vehículo, pero que no fueron creados con la intención de ser aprobados separadamente de los vehículos. Estos dispositivos son sometidos a pruebas con el fin de determinar la interferencia electromagnética que pueden generar, la inmunidad a radiaciones electromagnéticas, la inmunidad ante perturbaciones transitorias conducidas a través de líneas de suministro y la emisión de perturbaciones conducidas por las líneas de suministro.

Prueba de emisiones electromagnéticas de banda ancha y de banda baja de los ESA's:

Similar a las pruebas de emisiones electromagnéticas de los vehículos, estas pruebas se realizan para corroborar que las emisiones de los ESA's no sean superiores o inferiores a los límites requeridos. Para realizar la prueba se coloca la antena de medición a una distancia de 1 m del equipo, y si ésta se lleva a cabo en al aire libre, se debe realizar en un área circular libre de interferencias significativas de mínimo 15 m de radio.

Tabla 4-6. Prueba de inmunidad a la radiación

Función a verificar	Criterio de falla
50 km/h de velocidad. Si el vehículo cuenta con control de velocidad crucero debe ser activado	Variación de la velocidad mayor a un $\pm 10\%$
Luces bajas (modo manual)	Que se apaguen las luces
Limpiaparabrisas frontal	Detenido completo de los limpiaparabrisas
Indicadores de la dirección del lado del conductor encendido	Cambio de frecuencia (menos de 0.75 Hz o más de 2.25 Hz). Cambio en el ciclo de funcionamiento (menos de un 25% o más de un 75%)
Suspensión ajustable en posición normal	Variación inesperada significativa
Asiento y manubrio colocados en posición media	Variación inesperada mayor a un 10% del rango normal
Bocina apagada	Activación inesperada de la bocina
Bolsas de aire y sistemas de retención de los pasajeros	Activación inesperada
Puertas automáticas cerradas	Apertura inesperada
Palanca ajustable de retardador	Activación inesperada
Ciclo de frenado	Luces de frenado inactivadas durante el frenado Señal de advertencia de la activación de los frenos con pérdida de funcionalidad Activación inesperada de los frenos

"From regulation No. 10: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Prueba de inmunidad de los ESA's ante perturbaciones conducidas por las líneas de suministro de energía:

Esta prueba se lleva a cabo para corroborar que las pulsaciones eléctricas transitorias que conducen las líneas de suministro de energía del vehículo no afectan la funcionalidad de los ESA's. En la Tabla 4-7 se muestran algunas de las características de los pulsos eléctricos aplicados y el estado funcional del sistema asociado a tales pulsos eléctricos.

Tabla 4-7. Pruebas de inmunidad de los ESA's ante perturbaciones conducidas por las línea de suministro

Número del pulso de prueba	Característica	Estado funcional del sistema	
		Relacionado a las funciones asociadas a la inmunidad del sistema	No relacionado a las funciones asociadas a la inmunidad del sistema
1	Simula los pulsos eléctricos producidos por una desconexión de las cargas inductivas.	Una o más funciones del dispositivo o del sistema no trabajan bien durante.	Una o más funciones del dispositivo o del sistema dejan de trabajar bien durante la exposición y después de ella
2a	Simula los pulsos eléctricos producidos por interrupciones súbitas de las corrientes eléctricas.	Durante la exposición todas las funciones sirven de acuerdo a las especificaciones del diseño. No obstante, una o más pueden ir más allá de la tolerancia especificada. Todas la funciones vuelven a trabajar normalmente una vez terminada la exposición a los pulsos.	Una o más funciones del dispositivo o del sistema dejan de trabajar bien
2b	Simula los pulsos eléctricos producidos por los motores de corriente directa que funcionan como generadores una vez que da ignición se apaga	Una o más funciones del dispositivo o del sistema no trabajan bien durante la exposición, pero sí vuelven a trabajar bien después de ella.	Una o más funciones del dispositivo o del sistema dejan de trabajar bien durante la exposición y después de ella.
3a/3b	Simula los pulsos eléctricos producidos por el proceso de apagado y encendido.	Durante y después de la exposición al pulso eléctrico todas las funciones sirven de acuerdo con las especificaciones del diseño.	Una o más funciones del dispositivo o del sistema dejan de trabajar bien durante la exposición y después de ella.
4	Simula la reducción del voltaje de suministro causado por la energización de los circuitos del motor de arranque de los motores de combustión interna.	Durante la exposición todas las funciones sirven de acuerdo a las especificaciones del diseño. No obstante, una o más pueden ir más allá de la tolerancia especificada. Todas la funciones vuelven a trabajar normalmente una vez terminada la exposición a los pulsos (aplica para aquellos ESA's que deben activarse durante el encendido del motor)	Una o más funciones del dispositivo o del sistema dejan de trabajar bien durante la exposición y después de ella.
		Una o más funciones del dispositivo o del sistema no trabajan bien durante la exposición, pero sí vuelven a trabajar bien después de ella (para todos los otros ESA's)	

Elaboración propia. La información se obtuvo de la regulación vehicular N°10 de la ECE, en conjunto con los ítems 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.4 y A.4 de la norma ISO 7637-2:2004(E).

Prueba de inmunidad de los ESA's ante radiaciones electromagnéticas:

las funciones de los ESA's no deben mostrar degradación cuando son sometidos a radiación. En este caso se someten los cables que se usan para conectar los subensambles electrónicos o electromagnéticos corrientes eléctricas o a campos eléctricos.

Prueba de la emisión de perturbaciones emitidas desde los ESA's:

esta prueba se realiza para medir las perturbaciones que los ESA's pueden introducir en las líneas de suministro de energía o hacia otros ESA's también conectados a tales líneas. En la siguiente tabla se muestra la amplitud máxima permitida de los pulsos que pueden emitir los ESA's.

Tabla 4-8. Amplitud máxima permitida de los pulsos emitidos por los ESA's

Polaridad de la amplitud del pulso	Amplitud máxima permitida del pulso para	
	Vehículos con sistemas de 12 V	Vehículos con sistemas de 24 V
Positiva	75	150
Negativa	-100	-450

"From regulation No.10: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 11 (Cerraduras de las puertas y componentes de retención de las puertas)

Esta regulación se aplica a las cerraduras de las puertas y a las bisagras u otros elementos de sujeción, que se utilizan en las puertas que permiten a las personas ingresar o salir de los vehículos.

De acuerdo con esta regulación, los cerrojos de las puertas deben poseer dos etapas de cierre, una parcial y otra total. Además, ellos deben estar diseñados de forma que eviten que las puertas se abran accidentalmente.

Para probar que las puertas son lo suficientemente resistentes para cumplir con las exigencias del estándar, se llevan a cabo diversos tipos de pruebas entre las que destacan las pruebas de aplicación de fuerzas y pruebas de comportamiento inercial. Las pruebas de aplicación de fuerzas son iguales a las pruebas de resistencia estática descritas en el FMVSS 206. Similar al FMVSS 206, en la regulación vehicular N°11 de la ECE se establece que las pruebas del comportamiento inercial se pueden llevar a cabo por medio de tres maneras distintas: la primera consiste en demostrar por medio de cálculos matemáticos que la puerta se va a mantener cerrada si se somete a una carga inercial de 30 G, la segunda es igual al método N°1 descrito en el FMVSS 206 y la tercera consiste en someter el o los ensambles de las puertas (que incluyen las cerraduras, las manijas exteriores, palancas de apertura internas y los dispositivos de cierre) a los cambios de aceleración mostrados en la Ilustración 2-37, en las diversas direcciones indicadas en la Ilustración 2-35.

Así mismo, en la regulación vehicular N°11 de la ECE se establecen los requerimientos y las pruebas a realizar para las bisagras de las puertas. Estos requerimientos y pruebas también son iguales a los

descritos en el FMVSS 206, salvo que en la regulación vehicular N°11 de la ECE se establece que las bisagras de las puertas que se abren en una dirección vertical deben ser sometidas a pruebas equivalentes a las realizadas en las bisagras de las puertas traseras mencionadas en el FMVSS 206. También, los requerimientos y las pruebas realizadas en las puertas corredizas son iguales a las indicadas en el FMVSS 206.

ECE 12 (Protección del conductor ante impactos contra la manivela durante las colisiones)

Esta regulación aplica al comportamiento del sistema de dirección y del tren de potencia eléctrico que opera en alta tensión, y a los componentes y sistemas que están galvánicamente conectados al bus del tren de potencia eléctrico de algunos tipos de vehículos cuya masa no sobrepasa 1.5 toneladas.

Las pruebas que se realizan acerca de la protección del conductor contra el mecanismo de dirección en el caso de las colisiones consisten en cuatro tipos de estudios. El primer estudio se lleva a cabo para determinar cuánto se mueve el mecanismo de la dirección hacia atrás cuando ocurre la colisión, el segundo estudio consiste en determinar la fuerza de impacto que se genera cuando un maniquí golpea el volante, el tercer estudio se hace para determinar la desaceleración que adquiere un objeto cuando impacta al volante y el cuarto estudio se realiza para verificar que los conductores de los vehículos eléctricos no corran el riesgo de ser electrocutados o sean sometidos a algún riesgo asociado al derrame del electrolito después de darse el impacto.

El estudio que determina el corrimiento del mecanismo de la dirección cuando ocurre una colisión y sus requerimientos son casi iguales a la prueba especificada en el FMVSS 204, la cual básicamente consiste en impactar el vehículo contra una barrera rígida para luego medir el corrimiento del sistema de la dirección. No obstante, en la regulación europea se permite utilizar otros métodos siempre y cuando se demuestre que son equivalentes.

De manera similar, los requerimientos y el estudio que se realizan para medir la fuerza impacto que se genera en el pecho del conductor cuando ocurre una colisión son iguales a lo especificado en el FMVSS 203.

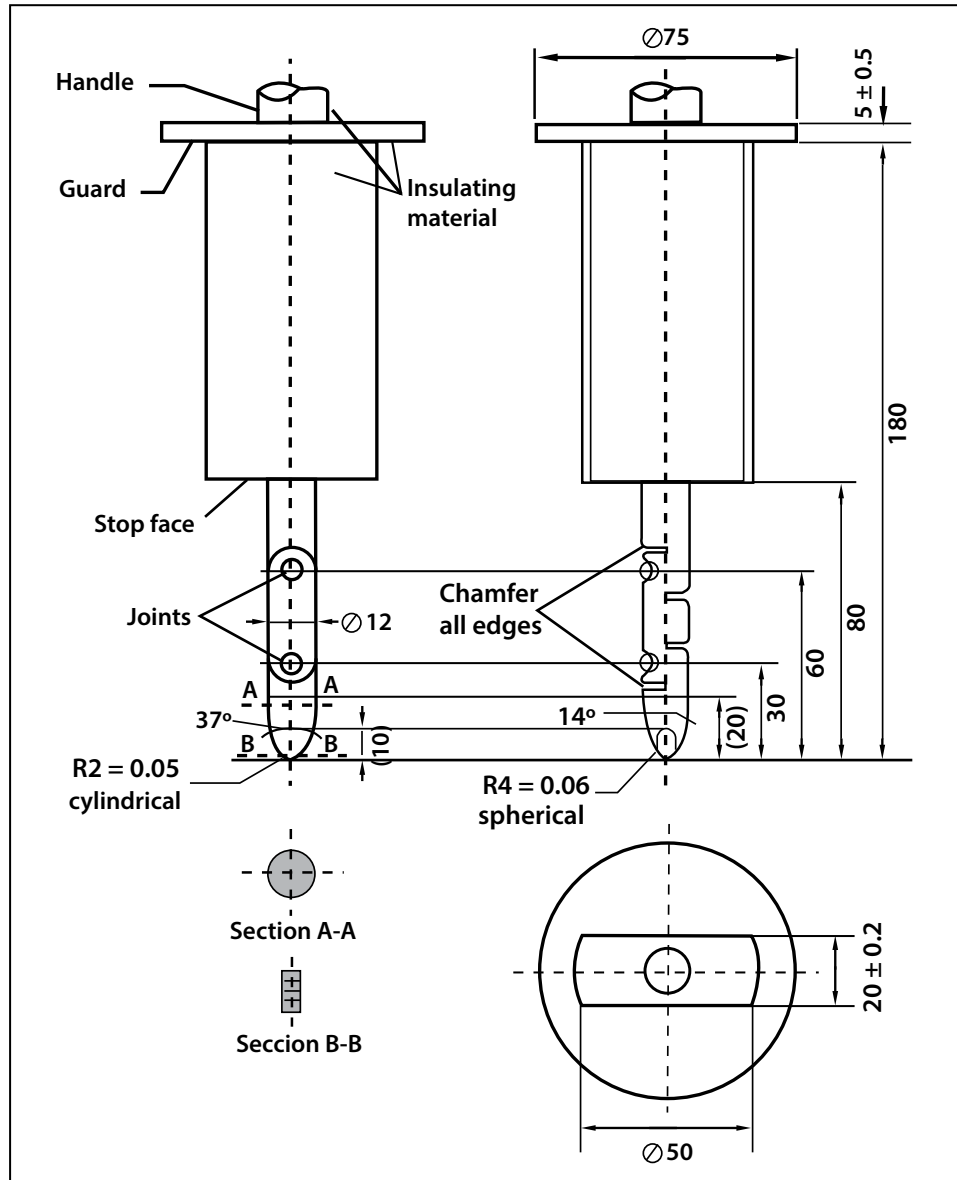
En el tercer estudio se utiliza un objeto cuya forma se asemeja a la de una cabeza humana para medir la desaceleración que ella adquiere al impactar el volante. Para que el sistema de dirección cumpla con lo requerido en este aspecto, la desaceleración de la horma de cabeza no debe ser superior a 80 G por un tiempo mayor a 30 ms. La prueba consiste en disparar la horma contra el sistema de dirección, a una velocidad de 24.1 km/h, para medir así la desaceleración que ésta adquiere. El estudio se realiza en tres o cuatro puntos distintos, usando para ello un sistema de dirección nuevo en cada impacto, y si la manivela cuenta con una bolsa de aire, esta debe estar inflada en el momento de la prueba.

En esta regulación se exige que el diseño del sistema de dirección no presente objetos en la superficie que tengan partes con puntas de 2.5 mm de radio o menos que puedan ser contactados por una esfera de 165 mm de diámetro. Además, después de las pruebas de impacto el sistema no debe presentar elementos puntiagudos que puedan poner en riesgo al conductor. Ninguna de sus partes debe ser capaz de atrapar parte de la ropa o de las joyas del conductor bajo condiciones normales de manejo, entre otras especificaciones.

Finalmente, esta regulación también incluye la protección del conductor contra una electrocución y derrame del electrolito en el caso de que conduzca un vehículo eléctrico y éste sea impactado. Para ello, primero se colisiona el vehículo contra una barrera rígida, de la misma manera en que se hace para la prueba del desplazamiento del volante. Esta prueba consta de cinco etapas como se muestra continuación:

- 1- Se prueba que la energía eléctrica sea baja. Esta prueba consiste en corroborar que la energía eléctrica de los buses de alto voltaje sea menor a 2 J. Para ello se crea un circuito que permita tomar las mediciones de voltaje y corriente eléctrica, las cuales se comienzan a obtener no más de 5 s antes de que se de del impacto y no menos de 60 s después del impacto. Se calcula la energía por medio de una integración matemática.
- 2- Se prueba la protección física contra el contacto del conductor con las partes de alta tensión del circuito eléctrico. El chasis debe estar diseñado de forma tal que se evite la electrocución por contacto indirecto, por lo que la conductividad de las partes del chasis debe ser menor a 0.1Ω cuando corre una corriente de por lo menos 0.2 A. Luego de haberse impactado el vehículo, se remueven, sin usar ningún tipo de herramienta, todas las piezas sueltas que rodean los componentes de alto voltaje, y se inserta un dedo de prueba articulado (ver Ilustración 4-6) en todas las aberturas que presente la protección física, aplicando una fuerza de 10 N. Entonces, el chasis del vehículo cumplirá con lo requerido si ninguna parte del dedo de prueba logra contactar los componentes de alto voltaje.
- 3- Se prueba la resistencia del aislamiento eléctrico. Esta prueba consiste simplemente en medir o medir y calcular matemáticamente la resistencia eléctrica existente entre el bus de alto voltaje y el chasis eléctrico.
- 4- Derrame del electrolito. Para que los vehículos satisfagan lo requerido por esta norma europea, 30 minutos después de haberse dado la colisión no debe haber ingresado a la cabina más del 7% del electrolito desde el sistema de almacenaje de energía recargable, a menos que el vehículo utilice baterías abiertas, en cuyo caso no debe ingresar más del 7% del electrolito o un máximo de 5 litros.
- 5- Retención del sistema de almacenaje de energía eléctrica recargable. Si este sistema está colocado dentro del compartimiento de los pasajeros, él debe mantenerse en la misma posición y sus componentes deben mantenerse dentro de sus límites una vez que se ha impactado el vehículo, lo cual se determina simplemente por medio de una inspección visual.

Ilustración 4-6. Dedo de prueba articulado



Esta figura muestra la vista frontal y lateral de un dedo de prueba articulado, utilizado para determinar si el chasis de cierto vehículo eléctrico ofrece la protección suficiente contra electrocuciones, una vez que el vehículo ha sido impactado contra una barrera a una velocidad de 48.3 km/h.

"From regulation No.12: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the driver against the steering mechanism in the event of impact, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 13 (Frenado de vehículos de motor)

Esta regulación aplica a vehículos de las categorías M2, M3, N y O cuya velocidad máxima sobrepasa los 25 km/h, y su objetivo es regular los sistemas de frenado, excepto los sistemas de frenos de los vehículos especialmente diseñados para personas con movilidad limitada.

Entre otros requerimientos, en las especificaciones generales de los sistemas de frenos se indica que éstos deben ser capaces de resistir la corrosión y el envejecimiento al que están sometidos. La efectividad de las líneas de frenado no debe verse afectada por campos magnéticos, como se indica en la regulación ECE 10. Además, deben estar diseñados de forma que el conductor pueda accionar el freno principal sin necesidad de soltar las manos del volante. En caso de que el freno principal falle, el freno secundario debe ser capaz de detener el vehículo en una distancia razonable, y debe poder regularse, permitiendo que el conductor mantenga al menos una mano en la manivela. Por su parte, los vehículos articulados deben poseer un sistema automático que le advierta al conductor si el acoplamiento entre el cabezal y el remolque o semirremolque no es compatible. Si los vehículos están acoplados eléctricamente, el sistema de frenos debe activarse automáticamente cuando se enciende el acoplamiento eléctrico. Esta normativa comprende las pruebas y requerimientos de los frenos de servicio, de los frenos secundarios y de los frenos de estacionamiento, como se explica a continuación.

Frenos de servicio

Los requerimientos exigidos por esta norma dependen de las categorías de los vehículos y del tipo de sistema de frenos. Son varias las pruebas que se realizan para determinar si los sistemas de frenos funcionan correctamente. La primera consiste en determinar el desempeño de los frenos cuando están fríos (prueba tipo 0), la segunda mide el desempeño de los sistemas de frenos cuando su capacidad de frenado se ve reducida por los efectos del calentamiento (prueba tipo I y prueba tipo III), la tercera es una prueba de frenado cuesta abajo (tipo II) y la última es una prueba de resistencia de los sistemas de frenos (prueba tipo IIA).

En términos generales, las pruebas consisten en medir el desempeño de los sistemas de frenos con base en la distancia de frenado y la aceleración media alcanzada. La distancia de frenado es la distancia recorrida desde que el conductor acciona el pedal del freno hasta que el vehículo se detiene por completo. La desaceleración (d^m) desarrollada por el vehículo se debe calcular como sigue:

$$d_m = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25.92 \cdot (S_e - S_b)} \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad (XV)$$

Donde:

v_0 = Velocidad inicial del vehículo (km/h)

$v_b = 0.8 v_0$ (km/h)

$v_e = 0.1 v_0$ (km/h)

s_b = distancia recorrida entre v_0 y v_b en metros

s_e = distancia recorrida entre v_0 y v_e en metros

Además, durante las pruebas de frenado las llantas de los vehículos no deben bloquearse, a menos que se especifique lo contrario, y los vehículos no deben desviarse de su curso. La velocidad a la que viaja el vehículo depende del tipo de prueba. En los vehículos cuyo freno de servicio es accionado eléctricamente, las baterías no deben estar a más de un 5% sobre el estado de carga al cual se enciende la alarma de falla del sistema de frenado.

Prueba de frenos fríos (tipo 0):

Esta prueba se realiza con el motor conectado y con el motor desconectado. Consiste en determinar el desempeño de los frenos fríos, lo que implica que la temperatura en la parte externa del tambor o en los discos es menor a 100 °C. Cuando se hace la prueba con el motor debe estar desconectado, la velocidad del vehículo debe ser la velocidad prescrita para la categoría vehicular a la cual corresponde (ver Tabla 4-9). Cuando se hace la prueba con el motor conectado, el vehículo es conducido a varias velocidades, donde la más baja corresponde al 30% de la velocidad máxima y la más alta al 80% de la misma, y en el caso de los cabezales con semirremolque la velocidad máxima de prueba es de 80 km/h.

Prueba de la reducción de la capacidad de frenado a causa del calentamiento (prueba tipo I):

Para llevar esta prueba se deben calentar los frenos a través del uso del vehículo, para luego medir las distancias de frenado con los frenos calientes y posteriormente realizar una prueba de rodado libre.

El modo de calentamiento de los frenos depende del tipo de vehículo. Los frenos de los vehículos categorías M, N y O₁ que esta norma contempla, son sometidos a varios ciclos de activación y liberación (entre 15 y 20 veces), con el fin de calentar el sistema de frenos, cuando los vehículos están cargados. La fuerza que se aplica debe ser tal que permita alcanzar una desaceleración de 3 m/s². Por el contrario, los frenos de los vehículos de las categorías O₂ y O₃ deben ser calentados por medio de una aplicación continua, de forma que el calentamiento producido sea el equivalente al obtenido por medio de un frenado a 40 km/h en una pendiente de 7% por una distancia de 1.7 km.

Alternativamente, para probar el funcionamiento de los frenos de los remolques, que usan frenos de disco o de leva en forma de S, se pueden realizar pruebas en dinamómetros, utilizando una velocidad inicial de 40 km/h.

Una vez finalizada la etapa de calentamiento, se procede a realizar la prueba de frenado con los frenos calientes. El desempeño de los frenos de los vehículos de motor, no debe ser menor al 80 % de la prescrita para la categoría en cuestión (ver Tabla 4-9) ni menos del 60% del desempeño obtenido en la prueba de los frenos fríos y con el motor desconectado.

Posteriormente, se realiza una prueba de rodado libre, la cual se le aplica a los vehículos que poseen un sistema de ajuste de frenos automático. Esta consiste en verificar que el vehículo pueda girar libremente una vez que los frenos se han enfriado ($T < 100^{\circ}\text{C}$), para lo cual los frenos deben cumplir con alguna de las siguientes condiciones:

- A. Las ruedas del vehículo pueden girar libremente.
- B. Si el vehículo viaja a una velocidad constante de 60 km/h, la temperatura en los tambores o en los discos de freno no debe superar 80°C, o de lo contrario los momentos de los frenos residuales no se considerarían aceptables.

Alternativamente, para probar el funcionamiento de los frenos de los remolques, que usan frenos de disco o de leva en forma de S, se pueden realizar pruebas en dinamómetros, utilizando una velocidad inicial de 40 km/h.

Una vez finalizada la etapa de calentamiento, se procede a realizar la prueba de frenado con los frenos calientes. El desempeño de los frenos de los vehículos de motor, no debe ser menor al 80% de la prescrita para la categoría en cuestión (ver Tabla 4-9) ni menos del 60% del desempeño obtenido en la prueba de los frenos fríos y con el motor desconectado.

Posteriormente, se realiza una prueba de rodado libre, la cual se le aplica a los vehículos que poseen un sistema de ajuste de frenos automático. Esta consiste en verificar que el vehículo pueda girar libremente una vez que los frenos se han enfriado ($T < 100^{\circ}\text{C}$), para lo cual los frenos deben cumplir con alguna de las siguientes condiciones:

- A. Las ruedas del vehículo pueden girar libremente.
- B. Si el vehículo viaja a una velocidad constante de 60 km/h, la temperatura en los tambores o en los discos de freno no debe superar 80°C, o de lo contrario los momentos de los frenos residuales no se considerarían aceptables.

Prueba de comportamiento cuesta abajo (prueba tipo II):

Los frenos son calentados haciéndolos disipar una energía equivalente a la que disiparían durante el mismo tiempo que duraría un vehículo cargado viajando cuesta abajo una distancia de 6 km, con una pendiente de 6% y a una velocidad promedio de 30 km/h. Al finalizar la prueba, se mide el desempeño de los frenos calientes, el cual es aceptable si no se exceden ciertos valores de la distancia de frenado y si la desaceleración (d_m) promedio no es inferior a la mostrada a continuación:

– Categoría M_3 :

$$^{\circ} \text{ Distancia} = 0.15 \cdot v + 1.33 \cdot v^2 / 130 \quad (\text{XVI})$$

$$^{\circ} d_m = 3.75 \text{ m} / \text{S}^2$$

– Categoría M_3 :

$$^{\circ} \text{ Distancia} = 0.15 \cdot v + 1.33 \cdot v^2 / 115 \quad (\text{XVII})$$

$$^{\circ} d_m = 3.3 \text{ m} / \text{S}^2$$

En el caso de los vehículos en los que la energía es absorbida por la acción de frenado del motor solo (freno motor), el desempeño de la acción de frenado será suficiente si la desaceleración alcanzada es de al menos 0.5 m/s^2 .

Prueba de la reducción del desempeño de los frenos de los vehículos O_4 , o alternativa para los O_3 , a causa del calentamiento cuando están cargados (prueba tipo III):

En esta prueba se calientan los frenos haciendo 20 ciclos de aplicación y liberación del freno, con una duración de 60 segundos por ciclo, a una velocidad inicial de 60 km/h y con una desaceleración de 3 m/s^2 .

Alternativamente, para probar el funcionamiento de los frenos de los remolques, que usan frenos de disco o de leva en forma de S, se pueden realizar pruebas en dinamómetros, utilizando una velocidad inicial de 60 km/h. Posteriormente se realizan las pruebas del desempeño con los frenos calientes y la prueba de rodado libre.

Prueba de resistencia de los frenos (prueba tipo IIA):

Esta prueba consiste en calentar los frenos haciéndolos disipar una energía equivalente a la que disiparían durante el mismo tiempo que duraría un vehículo cargado viajando cuesta abajo una distancia de 6 km, por una cuesta de 7% y a una velocidad promedio de 30 km/h.

En el caso de los vehículos cuya energía es absorbida por la acción de frenado el motor solo, el desempeño del sistema de frenos es aceptable si se consigue una desaceleración de al menos 0.6 m/s^2 .

Los requerimientos de la desaceleración y de la distancia de frenado que deben cumplir los vehículos M_2 , M_3 , N_1 , N_2 y N_3 en cada una de las pruebas mencionadas anteriormente se muestran en la Tabla 4-9. También en ella se pueden apreciar los tipos de pruebas que se realizan en los diversos vehículos, ya que no en todos los casos se aplican todas las pruebas.

Tabla 4-9. Requerimientos de desaceleración y de distancia de frenado para los sistemas de frenos de los vehículos M_2 , M_3 , N_1 , N_2 y N_3 .

Tipo de prueba	Parámetro de prueba	Categoría vehicular				
		M_2	M_3	N_1	N_2	N_3
		Tipo de prueba				
		0-I	0 - I - II o IIA	0-I	0-I	0-I-II
Tipo 0, con el motor desconectado	v	60 km/h	60 km/h	80 km/h	60 km/h	60 km/h
	$s \leq$	$0.15 \cdot v + v^2 / 130$				
	$d_m \geq$	5.0 m / s ²				
	$v = 0.80 v_{\max}$ pero no superior a	100 km/h	90 km/h	120 km/h	100 km/h	90 km/h
Tipo 0, con el motor conectado	$s \leq$	$0.15 v + v^2 / 130.5$				
	$d_m \geq$	4.0 m/s ²				
	$F \leq$	700 N				

Aquí s es la distancia de frenado, v la velocidad de prueba, d_m es la desaceleración media alcanzada y F es la fuerza aplicada sobre el pedal del freno. "Modified from regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Sistema de frenos secundario

Los frenos de servicio no son los únicos sistemas de frenos que son sometidos a prueba, sino que también se realizan pruebas para verificar el funcionamiento de los frenos secundarios. El desempeño de frenos secundarios también se mide con base en la distancia de frenado y a la desaceleración alcanzada. Además, para realizar las pruebas se debe simular el fallo del sistema de frenos de servicio. En la Tabla 4-10 se muestran los requerimientos y las velocidades de prueba para el sistema de secundario.

Tabla 4-10. Requerimientos de desaceleración y de distancia de frenado para los sistemas de frenos secundarios de los vehículos M_2 , M_3 , N_1 , N_2 y N_3 .

Tipo de prueba	Parámetro de prueba	Categoría			
		M_2 y M_3	N_1	N_2	N_3
	v	60 km/h	70 km/h	50 km/h	40 km/h
Tipo 0, con el motor desconectado	$s \leq$	$0.15 \cdot v + 2 \cdot v^2 / 130$		$0.15 \cdot v + 2 \cdot v^2 / 115$	
	$d_m \geq$	2.5 m / s ²		2.5 m / s ²	

Aquí s es la distancia de frenado, v la velocidad de prueba y d_m es la desaceleración media alcanzada. Si el control del freno es manual, se aplica una fuerza no mayor a 600 N y si el control es por medio de un pedal se aplica una fuerza menor o igual a 700 N.

"Modified from regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Algunos vehículos eléctricos o híbridos poseen sistemas de frenos llamados frenos regenerativos, los cuales aprovechan parte de la energía que se disipa durante el frenado para producir energía eléctrica y recargar las baterías. De acuerdo con esta normativa europea, los sistemas de frenos secundarios de los vehículos con sistemas de frenos regenerativos deben ser sometidos a prueba suponiendo dos condiciones de falla del sistema de frenos de servicio. La primera supone la falla total del componente eléctrico del sistema de frenos de servicio y la segunda supone que una falla hace que el componente eléctrico del freno de servicio entregue la máxima potencia de frenado.

Freno de estacionamiento

El freno de estacionamiento debe ser capaz de mantener a los vehículos cargados estáticamente en una pendiente de 18%. Además, estos frenos también son sometidos a la prueba tipo 0, pero en este caso ella se realiza con el motor desconectado y con el vehículo viajando a una velocidad inicial de 30 km/h. Para que el sistema cumpla con lo requerido, la desaceleración total no debe ser inferior a 1.5 m/s².

Frenado residual después de un fallo de la transmisión

En el caso de que se presente un fallo en alguna parte del sistema de transmisión, el frenado residual del sistema de frenos de servicio debe permitir que los vehículos puedan detenerse a distancias menores o iguales a las distancias de frenado indicadas en la Tabla 4-11 y con desaceleraciones mayores o iguales a las mostradas en la misma tabla.

Tabla 4-11. Requerimientos de desaceleración y de distancia de frenado para el frenado residual después de un fallo de la transmisión M_2 , M_3 , N_1 , N_2 y N_3 .

Categoría del vehículo	v (km/h)	Distancia de frenado estando cargado	d_m (m/s ²)	Distancia de frenado estando descargado	d_m (m/s ²)
M_2	60	$0.15v + (100/30)(v^2/130)$	1.5	$0.15v + (100/25)(v^2/130)$	1.3
M_3	60	$0.15v + (100/30)(v^2/130)$	1.5	$0.15v + (100/25)(v^2/130)$	1.5
N_1	70	$0.15v + (100/30)(v^2/115)$	1.3	$0.15v + (100/25)(v^2/115)$	1.1
N_2	50	$0.15v + (100/30)(v^2/115)$	1.3	$0.15v + (100/25)(v^2/115)$	1.1
N_3	40	$0.15v + (100/30)(v^2/115)$	1.3	$0.15v + (100/25)(v^2/115)$	1.3

Aquí v la velocidad de prueba y d_m es la desaceleración media alcanzada. La fuerza de control no debe ser mayor que 700 N y se utiliza la prueba Tipo 0 con el motor desconectado para verificar el funcionamiento.

"Modified from regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Desempeño de los sistemas de frenado de los vehículos de la categoría O

Los sistemas de frenos de los vehículos O_2 y O_3 son probados de acuerdo con el procedimiento indicado en la prueba tipo I, utilizando una velocidad de 60 km/h, pero también se les debe realizar una prueba suplementaria a una velocidad de 40 km/h con el semirremolque cargado. Opcionalmente, los vehículos de la categoría O_3 pueden ser sometidos a la prueba tipo III. Por último, los vehículos categoría O_4 son sometidos a la prueba tipo III a una velocidad de 60 km/h.

Similar a los vehículos de las categorías M y N mencionados anteriormente, los frenos de estacionamiento de los vehículos de las categorías O deben ser capaces de mantener estáticos los vehículos en una pendiente de 18%. Sin embargo, a diferencia de los vehículos M y N, los frenos de estacionamiento de los vehículos de la categoría O no deben ser sometidos a la prueba tipo 0.

Además, el desempeño de los sistemas de frenos automáticos es medido como un porcentaje de la fuerza estática aplicada en las llantas. Por lo tanto, su desempeño se considera satisfactorio si la fuerza de frenado es de por lo menos el 13.5% de la fuerza estática aplicada en las llantas, lo cual se debe probar con el vehículo cargado viajando a una velocidad de 40 km/h.

Tiempo de respuesta

El tiempo de respuesta de los sistemas de frenado¹⁵ también cumple un rol importante, sobre todo cuando se realizan maniobras de emergencia. De acuerdo con esta regulación, el tiempo de respuesta de los sistemas de frenos que dependen total o parcialmente de alguna fuente de energía diferente del esfuerzo muscular del conductor, no debe ser superior a 0.6 segundos, excepto para los frenos de aire comprimido, ya que estos poseen otros requerimientos.

El tiempo de respuesta de los sistemas de frenos se mide en función del tiempo de actuación de los frenos, o sea, el tiempo que se dura en activarlos. La prueba consiste en medir los aumentos de presión que ocurren en ciertos puntos de las líneas que transportan el fluido de trabajo, con el fin de verificar si se alcanza cierto porcentaje de presión dentro del tiempo deseado. Por ejemplo, para un tiempo de actuación de 0.2 segundos, se especifica que el tiempo que la presión del cilindro de frenos alcanza el 75% de su presión asintótica no debe superar 0.6 segundos.

Además de determinarse el tiempo de reacción de los sistemas de frenos, en la regulación vehicular ECE 13 también se especifican las pruebas y los requerimientos de las fuentes de energía y de los acumuladores de energía de los sistemas de frenos. La capacidad de la fuente de energía se mide en función del tiempo que dura en llenar el acumulador de energía hasta cierto nivel; por ejemplo, la fuente de energía debe poder llenar el reservorio hasta el nivel inicial (nivel que es especificado por el fabricante) en un tiempo no mayor a 3 minutos, y 6 minutos en el caso de vehículos autorizados para acoplar un semirremolque o remolque. Por otro lado, para corroborar el adecuado desempeño del acumulador de energía, se llevan a cabo ocho activaciones de los frenos y luego se determina si aún tiene la capacidad de proveer la energía suficiente para utilizar el sistema de frenos secundarios; como por ejemplo, en el caso de los sistemas de aire comprimido, después de las ocho activaciones del freno de servicio, el reservorio debe ser capaz de tener una presión manométrica mayor a la presión necesaria para que el sistema de frenos secundario funcione satisfactoriamente.

¹⁵ El tiempo de respuesta de los sistemas de frenos es el tiempo que transcurre entre el momento en que el freno es accionado y el momento en que la fuerza de frenado en el eje menos favorable alcanza el nivel correspondiente.

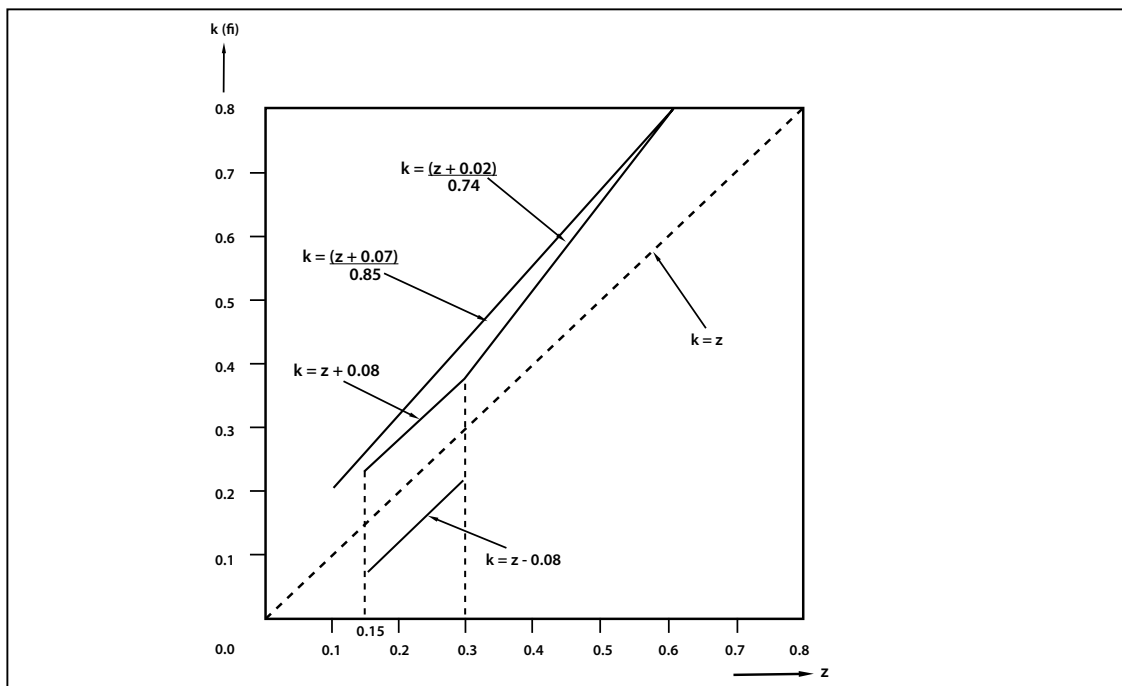
Distribución de la fuerza de frenado entre los ejes de los vehículos

Los frenos de los vehículos que esta norma regula no son sometidos solamente a pruebas de desempeño, sino que también se verifica la distribución del frenado entre los ejes de los vehículos. Para corroborar esto, se pueden realizar pruebas para trazar las curvas de utilización de la adherencia o pruebas para verificar la secuencia del bloqueo de las llantas.

Las pruebas de utilización de la adherencia se llevan a cabo estudiando la tasa de frenado de los vehículos (z) y el coeficiente de adherencia teórico entre las llantas y el pavimento (k). Con estos parámetros se puede trazar una curva de utilización de la adherencia para cada uno de los ejes, con el fin de corroborar que se satisfagan ciertos requerimientos. Como por ejemplo, en el caso de los vehículos de dos ejes, para todos los estados de carga la curva de utilización de la adherencia de los ejes traseros en ningún momento debe ubicarse sobre la del eje delantero, cuando el coeficiente de adherencia teórico entre las llantas y el pavimento (K) se encuentra entre el rango de valores 0.2-0.8 y la curva de la tasa de frenado del vehículo (z) calculada como: $z \geq 0.10 + 0.85(k - 0.2)$.

De manera similar, en el caso de vehículos con más de dos ejes, si la tasa de frenado¹⁶ se encuentra entre los valores 0.15-0.30 y la adherencia utilizada por al menos uno de los ejes delanteros es mayor que la adherencia utilizada por alguno de los ejes traseros, entonces la utilización de la adherencia se considera satisfactoria.

Ilustración 4-7. Curva de utilización de la adherencia para los vehículos que no son categoría N₁ y para remolques completamente cargados



En esta figura se muestra la curva de utilización de la adherencia que se utiliza como parámetro de referencia para los vehículos de categorías que son distintas a N1 y a remolques completamente cargados. K es el coeficiente de utilización de la adherencia teórico y z es la tasa de frenado. La curva indicada como $k = z - 0.08$ no se aplica para la utilización de la adherencia de los ejes traseros.

"From regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

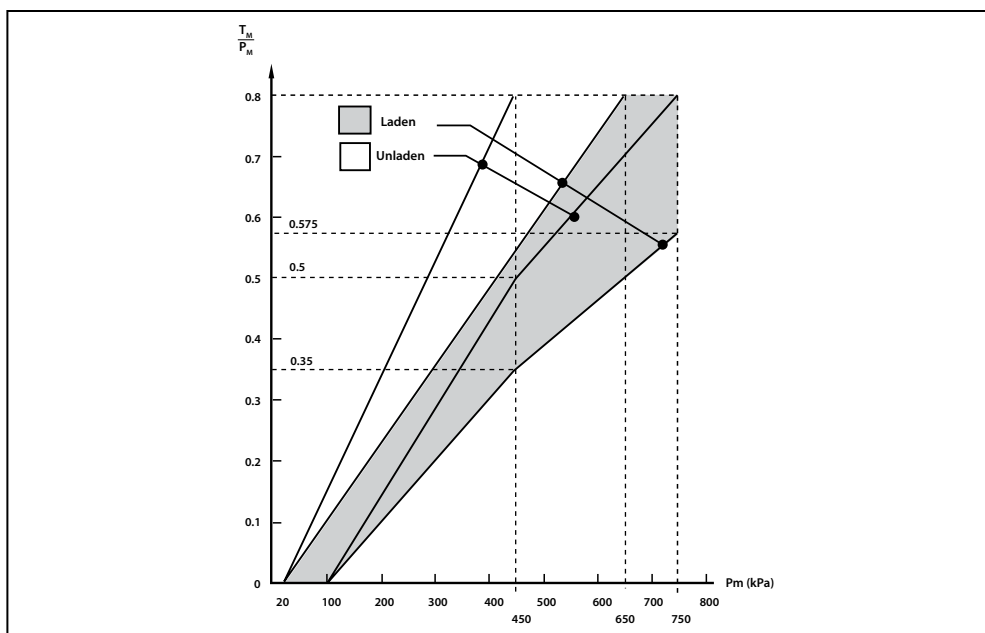
¹⁶ Aquí la tasa de frenado del vehículo se define como el cociente entre la desaceleración del vehículo entre la aceleración de la gravedad.

No obstante, las curvas de utilización de la adhesión pueden variar según el tipo de vehículo, como se aprecia en la Ilustración 4-7 que muestra la curva de utilización de la adhesión para los vehículos que son de categorías diferentes a la N_1 y que no son remolques completamente cargados. Para los vehículos que no entran en tales categorías, la utilización de la adhesión se considera satisfactoria si la curva de utilización de la adhesión trazada con tasas de frenado ubicadas entre 0.15 y 0.3, se encuentra entre las líneas paralelas a la línea $k=z\pm 0.08$. Para demostrar que los vehículos cumplen con estos requerimientos, los fabricantes deben trazar las curvas de utilización de la adhesión.

Otra manera de verificar que los vehículos tengan una adecuada distribución del frenado entre los ejes es realizar pruebas de secuencia del bloqueo de las llantas de los ejes, para las tasas de frenado que van desde los 0.15 hasta los 0.8. Para ello se conducen los vehículos a 60 km/h, pero sin exceder el 80% de la velocidad máxima del vehículo, en superficies que poseen coeficientes de adherencia bajos (menores a 0.3) y se conducen a 80 km/h, pero sin exceder la velocidad máxima, en superficies cuyo coeficiente es cercano a 0.8. Si en cualquiera de ambos casos las llantas delanteras se bloquean antes o al mismo tiempo que las llantas de los ejes traseros, entonces la distribución del frenado se considera adecuada.

Además de tener una adecuada distribución del frenado entre los ejes, los vehículos que poseen sistemas de frenos de aire, deben cumplir con ciertos requerimientos de la tasa de frenado¹⁷ (TR/PR) y la presión del aire. Por ejemplo, al trazarse una curva de la tasa de frenado versus la presión del aire de los cabezales para semirremolques que utilizan frenos de aire comprimido, para todo el rango de presión entre 20 y 750 kPa, dicha curva debe quedar comprendida entre las regiones indicadas en la Ilustración 4-8, en la que el área sombreada se aplica para los vehículos cargados y la no sombreada para los vehículos descargados.

Ilustración 4-8. Curvas de tasa de frenado contra la presión del aire para los tractocamiones utilizados para halar semirremos



En esta figura se muestra la curva de la tasa de frenado (TM/PM) vrs la presión en el acople de la línea de control de la presión (P_m) utilizada como parámetro de referencia para los tractocamiones usados para jalar semirremolques, en donde la región sombreada se aplica a los vehículos cargados y la región no sombreada a los descargados.

"From regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

¹⁷ La tasa de frenado de los remolques y semirremolques se define como el cociente entre la suma de las fuerzas de frenado (TR) y la suma de las fuerzas normales en las llantas (PR).

Vehículos con sistemas de frenos antibloqueo o ABS

Uno de los requerimientos de los vehículos equipados con frenos ABS es que éstos deben mantener su desempeño cuando el control del freno de servicio es aplicado completamente. Para corroborar esto, se conduce el vehículo de prueba completamente cargado a una velocidad de 50 km/h o mayor, en una superficie con un coeficiente de adhesión menor o igual a 0.3 y se aplican los frenos totalmente, de manera que si todas las llantas directamente controladas por el sistema ABS se mantienen bajo el control del sistema, entonces éste funciona adecuadamente. Además, después de accionar de forma completa el freno de servicio cinco veces, el desempeño del frenado del vehículo debe satisfacer al menos los requerimientos indicados para los sistemas de frenos secundarios.

Asimismo, se considera que los sistemas de frenos antibloqueo funcionan satisfactoriamente cuando la adhesión utilizada (ϵ) es mayor o igual a 0.75. La adhesión utilizada se debe medir en una superficie con un coeficiente de adhesión menor o igual a 0.3 y también en una superficie con un coeficiente de adhesión cercano a 0.8, cuando el vehículo viaja a una velocidad mayor o igual a 50 km/h, condición que se debe verificar con los vehículos completamente cargados y descargados.

De manera similar, las llantas de los vehículos no se deben bloquear cuando se aplican los frenos de servicio súbitamente, cuando los vehículos son conducidos a una velocidad de 40 km/h, cargados y descargados, en superficies que tienen coeficientes de adhesión menores o iguales a 0.3 y en superficies con coeficientes de adhesión cercanos a 0.8, excepto que el bloqueo suceda por periodos cortos de tiempo. Este mismo requerimiento también se verifica cuando los vehículos son conducidos a altas velocidades como lo muestra la Tabla 4-12. Asimismo, las llantas de los ejes no se deben bloquear cuando el frenado se da en una superficie en la que el coeficiente de adhesión cambia de un valor alto a uno bajo. El bloqueo de las llantas sí es permitido pero solo cuando la velocidad de los vehículos es menor a 15 km/h.

Por el contrario, si el frenado se da en una superficie cuyo coeficiente de adherencia cambia de un valor bajo a uno alto, la desaceleración que adquiere el vehículo debe aumentar a un valor apropiado y el vehículo no debe desviarse de su curso.

Posteriormente se realiza el frenado desde los 50 km/h en una pista de pruebas en la que las llantas de un lado del vehículo se encuentran en una superficie con un coeficiente de adhesión alto ($k_{\text{alto}} \geq 0.5$), mientras que las del otro lado están en una superficie con un coeficiente de adhesión bajo ($k_{\text{alto}}/k_{\text{bajo}} \geq 2$). En este caso las llantas controladas directamente por los frenos ABS no se deben bloquear.

De forma parecida, los frenos antibloqueo de los remolques deben alcanzar una utilización de la adhesión de 0.75 cuando los vehículos son conducidos a 50 km/h en una superficie con un coeficiente de adhesión bueno, pero durante la prueba los frenos se deben aplicar solo en uno de los ejes. Además, a velocidades mayores a 15 km/h, las llantas reguladas por los frenos antibloqueo no deben bloquearse cuando se aplican los frenos súbitamente, salvo que el bloqueo se de en periodos cortos de tiempo, pero que el bloqueo sí es permitido a velocidades menores a 15 m/h siempre y cuando la estabilidad no se vea afectada.

Tabla 4-12. Velocidades de prueba de los vehículos con frenos ABS.

Tipo de superficie	Categoría de los vehículos	Velocidad de prueba máxima
Superficie con un coeficiente de adhesión alto	Todas las categorías excepto los N_2 y N_3 cargados	$0.8 V_{\max} \leq 120 \text{ km/h}$
	N_2 y N_3 cargados	$0.8 V_{\max} \leq 80 \text{ km/h}$
Superficie con un coeficiente de adhesión bajo	N_1	$0.8 V_{\max} \leq 120 \text{ km/h}$
	M_2 , M_3 y N_2 excepto tractocamiones para semirremolques	$0.8 V_{\max} \leq 80 \text{ km/h}$
	N_2 y N_3 tractocamiones para semirremolques	$0.8 V_{\max} \leq 70 \text{ km/h}$

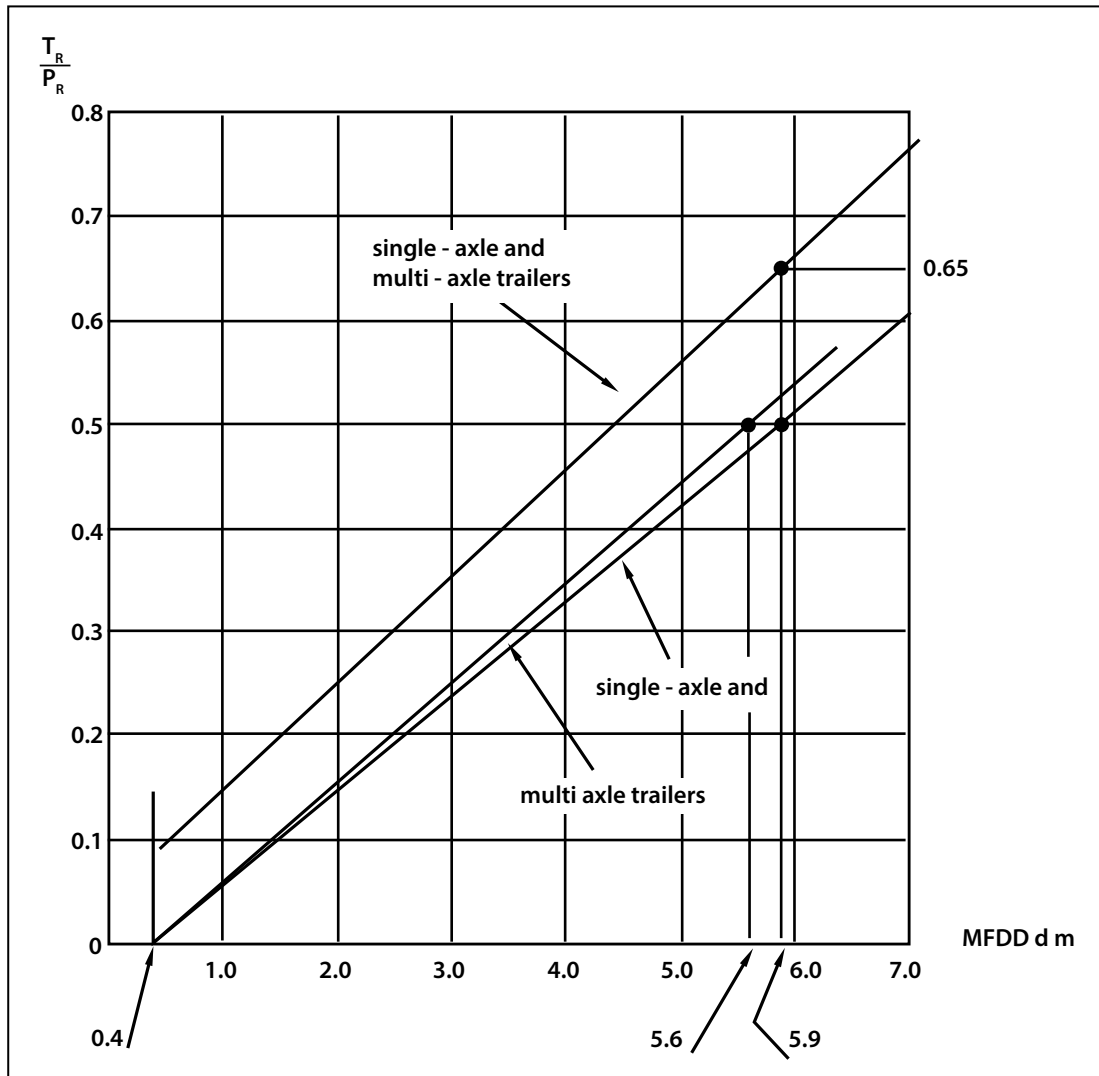
"From regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Sistemas de frenos electrónicos de los remolques

Cuando los remolques poseen sistemas de frenos electrónicos, se llevan a cabo pruebas de frenado a una velocidad inicial de 60 km/h para corroborar si cumplen con el desempeño requerido. La prueba consiste en medir la fuerza de frenado en conjunto con la desaceleración a fin de determinar si los sistemas de frenos proveen una fuerza de frenado que se incrementa desde un valor menor al 10% hasta un valor del 50% de la carga que soportan las llantas, con desaceleraciones que van desde 0.4 m/s², hasta 5.6 m/s² para remolques de un solo eje, o 5.9m/s² para remolques de varios, como se puede apreciar en la Ilustración 4-9.

Por otro lado, los sistemas de frenos deben diseñarse de forma que apliquen una fuerza de al menos 25% de la carga soportada por las llantas para detener los remolques automáticamente, en caso de que éstos se desacoplen cuando están en movimiento.

Ilustración 4-9. Gráfico de la fuerza de frenado en función de la desaceleración de los sistemas de frenos electrónicos de lo remolques



En esta figura se muestra la magnitud de la fuerza de frenado que deben proveer los sistemas de frenos electrónicos de los remolques en función de la desaceleración impartida, donde la fuerza de frenado se expresa como una fracción del peso total soportado por los ejes. Aquí T_R es la suma de las fuerzas de frenado en la periferia de todas las llantas del remolque, P_R es la carga normal estática total soportada por las llantas y $d m$ es la desaceleración total alcanzada por la combinación del cabezal con el remolque.

"From regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Por último, los sistemas electrónicos de estabilidad (ESC) controlan la estabilidad de los vehículos regulando principalmente la fuerza de frenado individualmente en las llantas de uno y otro lado del vehículo en cada eje o grupo de ejes, pero también pueden controlar la entrega de potencia del motor y las fuerzas de amortiguamiento. Estos sistemas también son sometidos a pruebas, las cuales consisten en realizar ciertas maniobras a fin de corroborar su desempeño, maniobras que dependen del tipo de control a estudiar, ya que unos controles regulan el sistema de dirección y otros se utilizan para evitar los vuelcos, como se puede apreciar en la Tabla 4-13.

Tabla 4-13. Pruebas para verificar el desempeño de los sistemas electrónicos de estabilidad

Control del sistema de dirección	Control anti vuelco
Reducción del radio	Prueba de movimiento en trayectoria circular en estado estable
Cambio de dirección súbita	Vuelta en J
Movimiento sinusoidal con retraso	–
Vuelta en J	–
Vuelta en U en un cambio de carril sencillo	–
Doble cambio de carril	–
Cambio de dirección sinusoidal asimétrico de un periodo o cambio de dirección pulsatorio	–

“From regulation No. 13: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking. © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

ECE 13h (Frenado de vehículos de pasajeros)

Esta regulación aplica a vehículos de pasajeros que no poseen más de ocho sillas además de la silla del conductor, y a vehículos de carga cuya masa no es mayor a 3.5 toneladas.

Algunas de las pruebas a las que son sometidos estos vehículos son equivalentes a las aplicadas en los vehículos indicados en la regulación N°13, salvo que las velocidades de prueba y las ecuaciones del cálculo de la distancia de frenado y las desaceleraciones requeridas varían. La semejanza radica en que los sistemas de frenos primarios de los vehículos de la regulación N°13h, al igual que los de la N°13, son sometidos a pruebas de frenado con los frenos fríos, tanto con el motor conectado como desconectado (prueba tipo 0) y luego se realiza una prueba de la reducción del desempeño de los frenos a causa del calentamiento (prueba tipo I), pero no se realizan las pruebas tipos II, IIA ni III.

Al final de la prueba tipo I se lleva a cabo una prueba para determinar el desempeño del sistema de los frenos cuando están calientes. Esta prueba se realiza en las mismas condiciones de la prueba tipo 0 y con la marcha en neutro. El desempeño de los frenos en caliente no debe ser menor al 75% del desempeño prescrito, ni menos del 60% del desempeño obtenido en la prueba de los frenos fríos y con el motor desconectado.

Otras similitudes que presentan ambas regulaciones son que los sistemas de frenos secundarios son sometidos a la prueba tipo 0 también y el desempeño de los sistemas de frenos de estacionamiento es determinado a partir de la capacidad de mantener el vehículo estático en una pendiente 20% o 12% para los vehículos con remolque y a una prueba tipo 0 desde una velocidad de 30 km/h. Además, cuando la energía para dar la acción de frenado proviene total o parcialmente por alguna otra fuente que no sea la acción muscular del conductor, también se lleva a cabo una prueba del tiempo de frenado, con el fin de corroborar que éste no sea superior a 0.6 segundos.

Una diferencia que se observa en las pruebas de frenado de los vehículos de esta regulación es que después de llevarse a cabo la prueba del desempeño con los frenos calientes, que a su vez se realiza después de la prueba tipo I, no se lleva a cabo la prueba de rodado libre, sino que en vez de eso se realiza una prueba de recuperación, la cual consiste en llevar a cabo aplicaciones de frenos sucesivas desde una velocidad de 50 km/h y a una desaceleración de 3 m/s^2 . Posteriormente se mide el desempeño del frenado a fin de verificar que éste no sea menor al 70%, ni mayor al 150% del desempeño obtenido con los frenos fríos y el motor desconectado.

Además de corroborar las distancias de frenado y los valores de la desaceleración, los sistemas de frenos de estos vehículos también son sometidos a pruebas para determinar la distribución del frenado a través de los ejes, donde congruentemente con las pruebas que se realizan para los vehículos estipulados en la regulación N°13, se trazan las curvas de utilización de la adhesión y se realizan pruebas de la secuencia del bloqueo de las llantas. De esta forma se corrobora que la curva de utilización de la adhesión del eje trasero nunca quede por encima de la del eje delantero, y que las llantas del eje trasero nunca se bloqueen antes de las llantas del eje delantero.

Asimismo, los vehículos que poseen frenos ABS deben ser capaces de mantener un adecuado desempeño cuando los frenos de servicio son aplicados totalmente por periodos largos de tiempo. Por lo tanto, en el caso de vehículos que poseen un sistema de energía auxiliar neumático, los sistemas ABS son sometidos a una prueba en la que se detienen los vehículos desde una velocidad de 50 km/h, en una superficie con un coeficiente de adhesión bajo (0.3 o menos) y por cierto periodo de tiempo, con la intención de consumir cierta cantidad de energía. Luego se apaga el motor o se desconecta el sistema de almacenamiento de energía y se aplican totalmente los frenos de servicio cuatro veces más consecutivamente. Después se aplican los frenos por quinta vez, con el fin de determinar si por lo menos es posible poder detener el vehículo con el desempeño de los frenos secundarios.

Los sistemas ABS también son sometidos a pruebas para determinar el comportamiento del vehículo cuando se realiza el frenado en superficies con diversos valores del coeficiente de adhesión y entre superficies con coeficientes de adhesión diferentes. Para corroborar este comportamiento primero se realiza una prueba de frenado en una superficie con un coeficiente de adhesión de 0.3 y en una superficie con un coeficiente de adhesión (k) de 0.8, aplicando frenados de emergencia desde velocidades de 40 km/h y desde velocidades altas ($V = 0.8 V_{\text{max}} \leq 120 \text{ km/h}$).

Luego se realizan pruebas de frenado desde una superficie con un coeficiente de adhesión alto ($k_{\text{alto}} \geq 0.5$) a una con un coeficiente de adhesión bajo ($k_{\text{alto}}/k_{\text{bajo}} \geq 2$), aplicando frenados de emergencia desde velocidades de 40 km/h y desde velocidades altas ($V = 0.8 V_{\text{max}} \leq 120 \text{ km/h}$).

Después realizan pruebas de frenado desde una superficie con un coeficiente de adhesión bajo ($k_{\text{bajo}} \geq 2$) a una con un coeficiente de adhesión alto ($k_{\text{alto}} \geq 0.5$) procurando que la velocidad en el punto de transición entre ambas superficies sea de 50 km/h.

Posteriormente se realiza el frenado desde los 50 km/h en una pista de pruebas en la que las llantas de un lado del vehículo se encuentran en una superficie con un coeficiente de adhesión alto, mientras que las del otro lado están en una superficie con un coeficiente de adhesión bajo. En ninguno de los casos las llantas controladas directamente por los frenos ABS se deben bloquear.

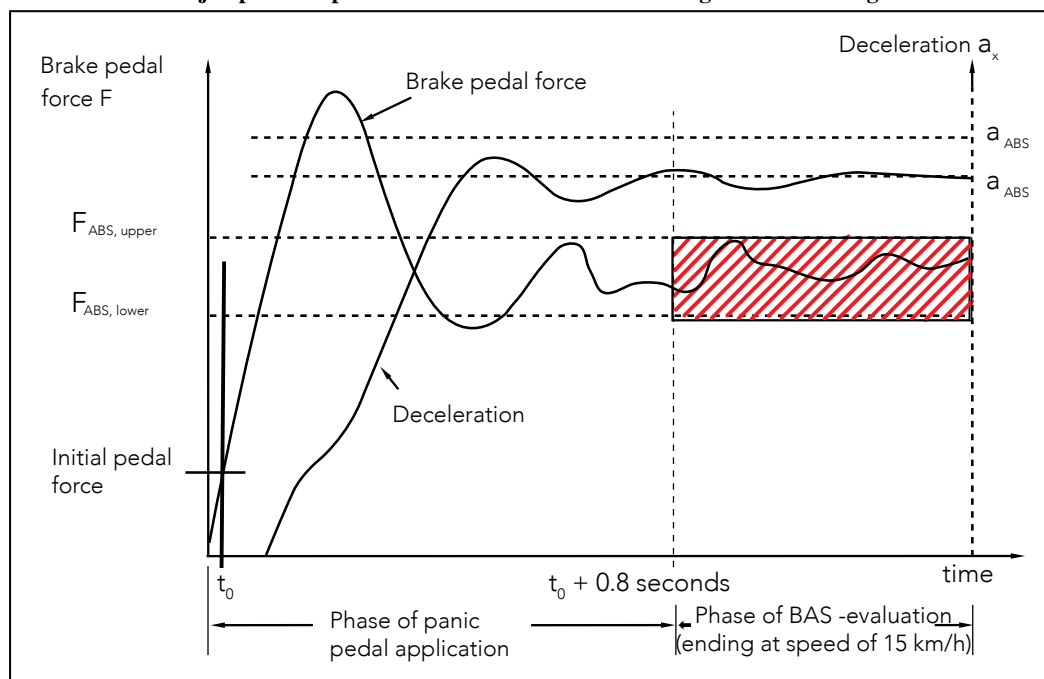
Por otro lado, estos vehículos también son sometidos a una prueba para corroborar el adecuado funcionamiento del control electrónico de la estabilidad, la cual es similar a la prueba indicada en el FMVSS 126. No obstante, a diferencia del FMVSS 126, en la regulación vehicular ECE 13h se estipula que la corroboración del adecuado desempeño de los sistemas electrónicos de estabilidad también se puede llevar a cabo a través de simulaciones por computadora.

En la regulación ECE 13h también se estipulan los requerimientos y métodos de prueba del servofreno de emergencia (en inglés se le conoce como brake assist system o BAS). El servofreno de emergencia es un sistema que trabaja en conjunto con los frenos ABS y su función consiste en detectar cuando se va a realizar un frenado de emergencia para aplicar automáticamente la máxima potencia de frenado o permitir que se completen los ciclos de los frenos. Este sistema se utiliza a causa de que comúnmente en un frenado de emergencia el conductor aplica una fuerza de frenado menor y la va incrementando conforme se acerca al objeto con el que se podría colisionar, por lo que la distancia de frenado se incrementa.

De acuerdo con el método de determinación del estado de frenado de emergencia, los servofrenos de emergencia se categorizan de dos maneras, de modo que los que se basan en la medición de la fuerza de aplicación del pedal del freno pertenecen a la categoría A, mientras que los que se basan en la medición de la velocidad con la que se presiona el pedal del freno pertenecen a la categoría B. Según lo estipulado en esta regulación, los servofrenos de emergencia de la categoría A deben aumentar la fuerza del pedal del freno a fin de lograr que se completen los ciclos de los frenos ABS, mientras que los de la categoría B deben aumentar la presión del sistema de frenos para maximizar la tasa de frenado y permitir que se completen los ciclos de los frenos ABS.

Para corroborar el adecuado funcionamiento de los servomotores de emergencia pertenecientes a la categoría A, se lleva a cabo una prueba de frenado en línea recta desde una velocidad de 100 km/h, y se mide la fuerza aplicada por el sistema de frenos ABS y la desaceleración del vehículo. Entonces, los servofrenos de emergencia funcionan adecuadamente si la fuerza de aplicación del pedal del freno requerida para que los frenos ABS completen los ciclos (F_{ABS}), se reduce entre un 40% y un 80%.

De forma similar, para determinar si los servomotores de emergencia de la categoría B funcionan adecuadamente, se miden la fuerza aplicada por el sistema de frenos ABS y la desaceleración del vehículo, cuando se simula un frenado de emergencia desde una velocidad de 100 km/h en una línea recta. El funcionamiento de los servomotores de emergencia se considera satisfactorio si 0.8 segundos después de aplicarse la fuerza sobre el pedal del freno, la fuerza requerida para que se completen los ciclos de los frenos ABS se mantiene en el rango de $0.7 F_{\text{ABS}}$ o F_{ABS} alta y $0.5 F_{\text{ABS}}$ o F_{ABS} baja, como se aprecia en la Ilustración 4-10.

Ilustración 4-10. Ejemplo de la prueba de los servomotores de emergencia de la categoría B

El área roja mostrada en esta figura indica el rango de fuerzas que debe mantenerse en el sistema de frenos ABS para que los servomotores de emergencia de la categoría B funcionen satisfactoriamente, lo cual se comienza a medir 0.8 segundos después de accionarse el pedal del freno. Aquí $F_{ABS, upper}$ es el 70% y $F_{ABS, lower}$ es el 50% de la fuerza requerida para que los frenos ABS completen los ciclos, mientras que T_0 es el momento en el que se inicia la presión en el pedal del freno.

"From regulation No. 13h: Uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to braking, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 14 (Anclajes de los cinturones de seguridad, sistemas de anclaje ISOFIX y anclajes de sujeción superior ISOFIX)

Esta regulación estipula los requerimientos que deben cumplir los sistemas de anclaje de los cinturones de seguridad diseñados para adultos, de los vehículos de las categorías M y N₁, y los requerimientos de los sistemas de anclaje ISOFIX¹⁸ diseñados sujetar los sistemas de retención infantil.

Al igual que lo mencionado en el FMVSS 210, los anclajes de los cinturones de seguridad deben ser capaces de soportar fuerzas de tracción y para probarlo, ellos son sometidos a pruebas en las que se aplican procedimientos y equipos similares entre ambas normativas. Por ejemplo, los anclajes de los cinturones de seguridad de tres puntos deben soportar una fuerza de tracción de 13,500 N, mientras que los de los cinturones de dos puntos deben soportar 22,250 N; sin embargo, a diferencia del FMVSS 210, en esta regulación europea esos requerimientos de resistencia estática no se aplican a todos los tipos de vehículos, sino que solo los M₁ y N₁ deben cumplir con ellos, ya que para otros tipos de vehículos establece requerimientos de resistencia diferentes. Por ejemplo, los anclajes de los cinturones de seguridad de tres puntos de los vehículos de las categorías M₃ y N₃ deben soportar fuerzas de 4,500 N.

¹⁸ El sistema ISOFIX, es un sistema especialmente diseñado para sujetar las sillas de seguridad para niños y los portabebés. El sistema posee dos anclajes y un mecanismo para limitar el movimiento de balanceo.

Otra diferencia entre la regulación vehicular europea N°14 y el FMVSS 210, es que la primera incluye las pruebas y requerimientos aplicados a los anclajes de los ISOFIX. La prueba consiste en someter estos anclajes a una fuerza de tracción hacia delante de 8 kN y a una fuerza de tracción en dirección oblicua (a un ángulo de 75°) de 5 kN, fuerzas que deben ser mantenidas por al menos 0.2 segundos. No importa si los anclajes sufren deformación permanente o se rompen parcialmente, siempre y cuando logren mantener la fuerza durante ese periodo de tiempo.

Un aspecto más que contempla la regulación N°14 son las pruebas a las que se someten los sistemas de anclaje que no están fijados a la estructura del vehículo, sino que están fijados a la estructura de la silla. Por lo tanto, para probar estos sistemas se somete la silla a una fuerza 20 veces mayor a su masa, a fin de determinar si los anclajes de la silla son lo suficientemente resistentes. Tal fuerza se aplica horizontalmente hacia adelante.

ECE 16 (Cinturones de seguridad y sistemas de sujeción)

En esta regulación se indican los requerimientos y las pruebas que deben cumplir los sistemas de los cinturones de seguridad de los vehículos de las categorías M, N, O y algunos vehículos de tres llantas.

Los sistemas de los cinturones de seguridad o sus partes son sometidas a varias pruebas entre las que se encuentran: pruebas de resistencia a la corrosión, pruebas de micro deslizamiento, pruebas de fuerza de ruptura de las correas, pruebas en los componentes del sistema de los cinturones de seguridad (incluyendo las partes rígidas), pruebas adicionales para los cinturones de seguridad que tienen rebobinadores, pruebas dinámicas de los sistemas de cinturones de seguridad y de los sistemas de sujeción, y pruebas de apertura de la hebilla, entre otras.

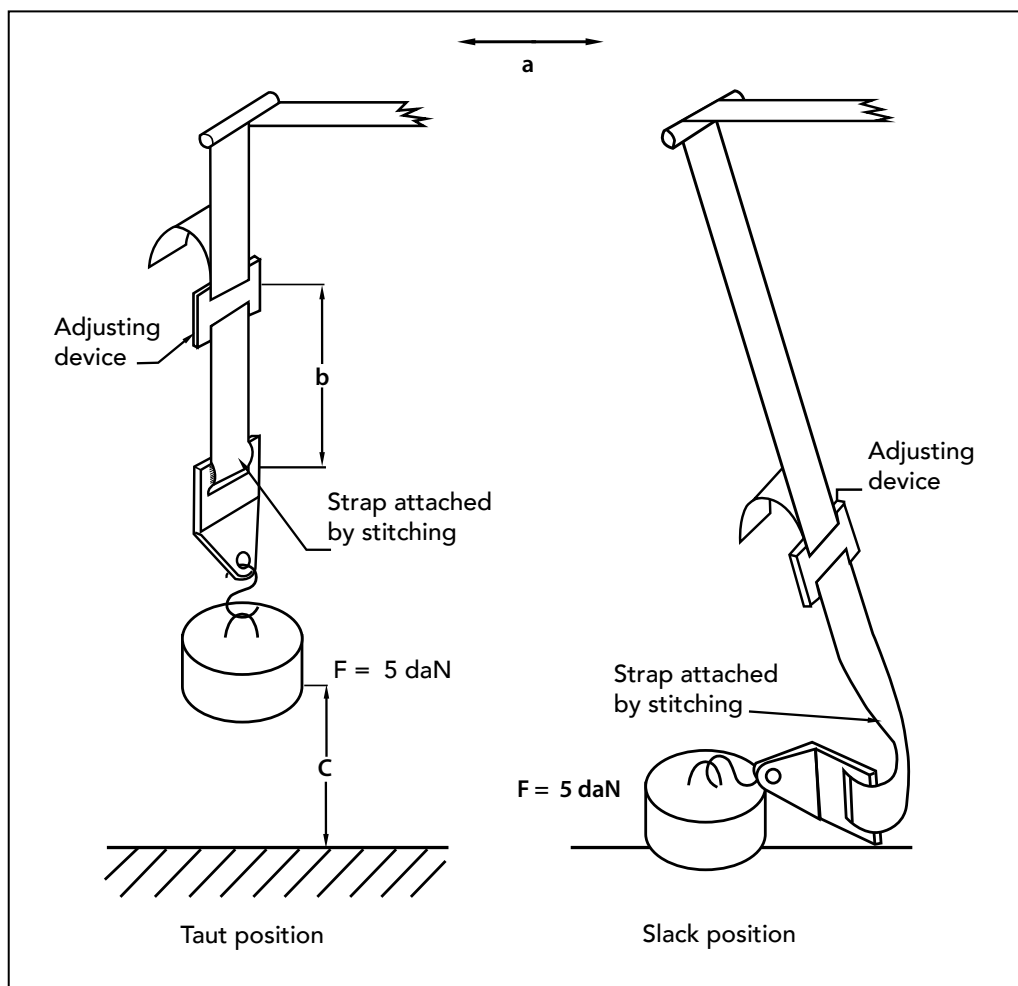
Prueba de resistencia a la corrosión:

Todas las partes rígidas de los sistemas de cinturones de seguridad que son propensas a sufrir daños por la corrosión deben ser sometidas a una prueba de resistencia a la misma. Similar al FMVSS 209, para realizar la prueba se mantienen dichas partes en una atmósfera con una solución salina durante 50 horas y al finalizar, se inspeccionan las piezas en busca de ciertas señales de deterioro a causa de la corrosión.

Prueba de micro-deslizamiento:

Esta prueba consiste en someter los cinturones de seguridad, junto con sus dispositivos de ajustamiento, a varios ciclos de carga y descarga, sujetando una pesa de 50 N en un extremo e induciendo un movimiento de vaivén desde el otro extremo, permitiendo que en alguna parte de todo el rango de movimiento el cinturón no quede en tensión, como se aprecia en la Ilustración 4-11, guiando la pesa de forma que esta no se balancee ni produzca torsión de la correa. Entonces, el dispositivo de ajustamiento cumplirá con lo requerido por esta norma, si el micro deslizamiento de la correa con respecto al dispositivo de ajuste no es mayor a 25 mm, y la suma de los cambios de posición del dispositivo de ajustamiento no es mayor a 40 mm.

Ilustración 4-11. Prueba de micro-deslizamiento



Esta figura representa cómo se realiza una prueba de micro-deslizamiento, la cual consiste en sujetar un extremo de la correa a una pesa de 50 N (5 daN) y el otro a una máquina que produce un movimiento de vaivén, de forma que en cierta parte del ciclo la correa no queda en tensión. Al cabo de varios ciclos se mide cuánto se deslizó la correa y cuánto se corrió la correa a causa de los cambios de posición del ajustador.

"From regulation No. 16: Uniform provisions concerning the approval of: I. Safety-belts, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems for occupants of power-driven vehicles II. Vehicles equipped with safety-belts, safety-belt reminders, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems and i-Size child restraint systems, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

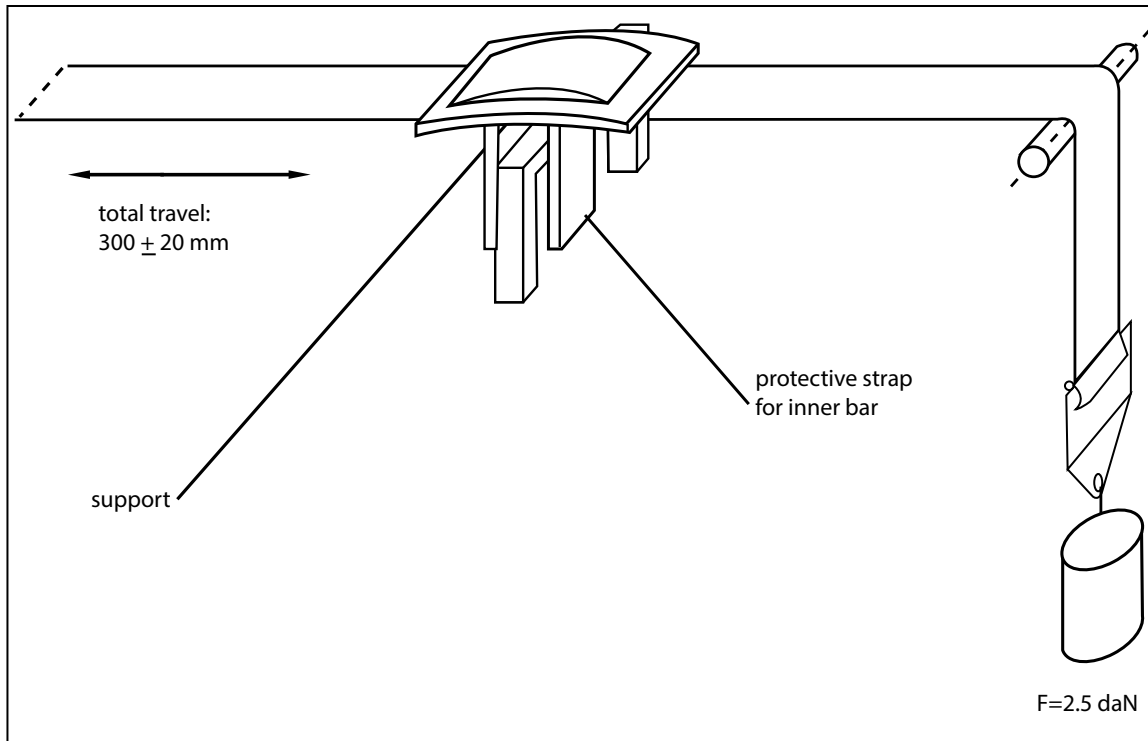
Prueba de fuerza de ruptura:

Antes de determinar las propiedades mecánicas de las correas, estas son acondicionadas en un ambiente con una atmósfera estándar; lo cual, según lo estipulado en la norma ISO 139 (2005), implica que el ambiente posee una temperatura de 20°C y una humedad relativa de 65%. El acondicionamiento consiste en dejar las correas en el ambiente con una atmósfera estándar, midiendo la masa en intervalos de 2 horas, hasta que las mediciones sucesivas de su masa, no presenten variaciones en más de 0.25%. Después de haberse acondicionado de esa forma las correas, se someten a la prueba de tensión (utilizando para ello una máquina que permite medir la fuerza aplicada y producir un estiramiento a razón de 100 mm/min) para obtener la resistencia de referencia; y además, para corroborar que la fuerza de ruptura no sea menor que 14,700 N o de lo contrario ellas no cumplirán con lo requerido.

Luego de haberse acondicionado las correas a las condiciones atmosféricas estándar y después de haberse determinado su fuerza de ruptura, la cual se utiliza también como parámetro de referencia, se someten las correas a acondicionamientos por exposición a luz, al frío, al calor, al agua y a la abrasión, para medir si la fuerza de ruptura no es inferior al 75% de la fuerza de ruptura de referencia, y que tampoco sea inferior a 14,700 N. Los tipos de acondicionamiento se describen a continuación:

- El acondicionamiento por exposición a la luz consiste en exponer las correas a la luz (siguiendo el procedimiento indicado en la norma ISO 105-B02), de forma que su color se degrade hasta cierto valor.
- El acondicionamiento por exposición al frío consiste en colocar las correas en una cámara a -30 °C. Después de cierto tiempo se dobla la correa aplicando una carga de 2 kg y se mantiene dentro de la cámara a -30°C durante 30 minutos. Posteriormente se retira la carga y se mide la fuerza de ruptura.
- Contrariamente, en el acondicionamiento por exposición al calor se colocan las correas en una cámara a 65 °C durante 3 horas.
- En el caso del acondicionamiento por exposición al agua, se mantienen las correas en agua destilada a 20 °C durante 3 horas.
- Por último, en el acondicionamiento por abrasión se someten los dispositivos en los que las correas están en contacto con algunas partes rígidas del cinturón a ciclos de abrasión, cuya magnitud de la carga y cantidad de ciclos dependen de la configuración de los cinturones de seguridad. La abrasión se produce haciendo un movimiento de vaivén de la correa a través de un elemento rígido como lo muestra la Ilustración 4-12.

Ilustración 4-12. Acondicionamiento por exposición a la abrasión



El acondicionamiento por exposición a la abrasión consiste en aplicar un movimiento de vaivén en las correas aplicando una carga cuya magnitud depende del tipo de configuración del cinturón de seguridad, sujetando las partes rígidas de las correas. En esta figura se muestra el acondicionamiento por abrasión al que se someten las correas que se deslizan dentro de un dispositivo de ajustamiento, donde 2.5 daN equivalen a 25 N.

"From regulation No. 16: Uniform provisions concerning the approval of: I. Safety-belts, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems for occupants of power-driven vehicles II. Vehicles equipped with safety-belts, safety-belt reminders, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems and i-Size child restraint systems, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Pruebas en los componentes del sistema de los cinturones de seguridad (incluyendo las partes rígidas):

Las pruebas a las que son sometidos los sistemas de cinturones de seguridad se realizan a fin de determinar su resistencia ante diversas condiciones de uso y para determinar si algunas partes funcionan adecuadamente. Las pruebas que se realizan consisten en pruebas de resistencia estática, de funcionamiento a baja temperatura, de impacto a baja temperatura y de corrimiento. Cada una de ellas se explica a continuación:

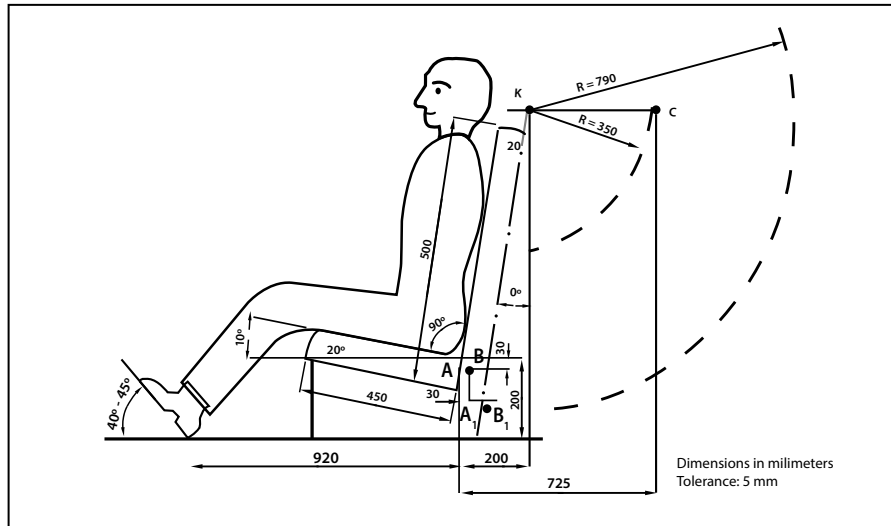
- **Pruebas de resistencia estática:** se somete el sistema de cinturones de seguridad a fuerzas estáticas, utilizando para ello una máquina de tensión. La fuerza que el sistema debe soportar depende del componente en estudio. Por ejemplo, las hebillas deben soportar una fuerza de tensión de 9,800 N, mientras que los dispositivos de sujeción deben soportar como mínimo 14,700 N. Al finalizar la prueba, las partes no deben romperse, distorsionarse seriamente ni desprenderse.

- **Pruebas de funcionamiento a bajas temperaturas:** en esta prueba se enfría el sistema a una temperatura de -10°C . El funcionamiento de la hebilla no debe verse afectado después de haberse enfriado hasta tal punto.
- **Pruebas de impacto a baja temperatura:** cuando los sistemas de los cinturones de seguridad poseen partes plásticas que pueden quedar atrapadas por los asientos movibles o por las puertas, tales partes deben ser sometidas a la prueba de impacto a baja temperatura. En esta prueba también se enfría el sistema a -10°C , pero luego se someten las partes rígidas a una prueba de impacto, golpeándolos con un objeto de acero. Al final, las partes principales deben permanecer seguras y no deben presentar agrietamientos visibles, excepto los cobertores plásticos que sí pueden agrietarse.
- **Prueba de corrimiento:** cuando el sistema del cinturón de seguridad posee algún dispositivo de ajuste manual, se aplican fuerzas que permitan deslizar la correa a través del dispositivo. El sistema cumplirá con lo requerido si tal fuerza no es mayor a 50 N.

Pruebas adicionales para los cinturones de seguridad que poseen rebobinadores:

Este tipo de cinturones de seguridad son sometidos a pruebas de durabilidad del mecanismo rebobinador, a pruebas del bloqueo de los rebobinadores de emergencia, a pruebas de resistencia al polvo y a pruebas de las fuerzas de enrollamiento.

- **Prueba del bloqueo de los rebobinadores de bloqueo de emergencia:** se jala la correa en diversas direcciones a fin de corroborar que ella se bloquee o que no se bloquee, según sea lo especificado por el fabricante.
- **Prueba de resistencia al polvo:** esta prueba se realiza como un complemento de la prueba de resistencia del rebobinador y de la prueba de dinámica de los sistemas de cinturones de seguridad. Consiste en someter el rebobinador a ráfagas de viento con polvo, estirando y dejando contraer la correa varias veces al final de cada ciclo.
- **Prueba de las fuerzas de enrollamiento:** esta prueba consisten en medir la fuerza de enrollamiento a fin de determinar que ésta no sobrepase los límites establecidos por esta norma, pero no se estudia el cinturón de seguridad solo, sino que el ensayo se realiza cuando un maniquí está situado en la posición del usuario, para imitar las condiciones normales de uso. La fuerza requerida depende de la posición del rebobinador; como por ejemplo, si éste está colocado en el cinturón del regazo, la fuerza de enrollamiento no debe ser menor a 70 N.

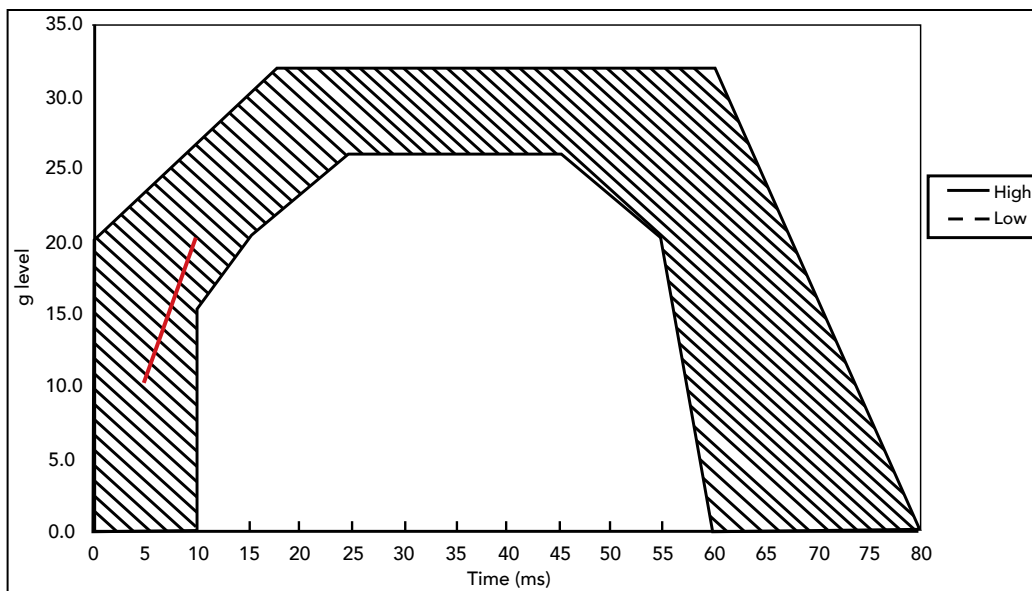
Ilustración 4-13. Prueba dinámica de los cinturones de seguridad

En esta figura se muestra cómo en la prueba dinámica de los sistemas de los cinturones de seguridad y sistemas de restricción del movimiento, se utiliza un carrito en el que se montan los sistemas mencionados, el asiento y el maniquí. Luego se impulsa el sistema y se desacelera siguiendo una curva de desaceleración.

"Modified from regulation No. 16: Uniform provisions concerning the approval of: I. Safety-belts, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems for occupants of power-driven vehicles II. Vehicles equipped with safety-belts, safety-belt reminders, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems and i-Size child restraint systems, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Prueba dinámica del sistema de cinturón de seguridad o del sistema de sujeción:

La prueba consiste en colocar los sistemas de los cinturones de seguridad, junto con los sistemas de sujeción, las sillas y un maniquí antropomórfico, en un carrito especialmente diseñado para simular una prueba de desaceleración, como se muestra en la Ilustración 4-13. Luego se impulsa el carrito de forma que éste en algún momento pueda viajar libremente a 50 km/h y posteriormente se detiene el carrito, de manera que la curva de aceleración esté dentro del área indicada en la Ilustración 4-14. Durante esta prueba ninguna parte de los cinturones de seguridad o de los sistemas de retención se debe romper y las hebillas no deben abrirse o desbloquearse. Además, los sistemas de los cinturones de seguridad deben permitir un movimiento del maniquí hacia delante entre 80 mm y 200 mm en la zona pélvica, y entre los 100 mm y 300 mm en el dorso (en el caso de los cinturones de seguridad de tres puntos). En el caso de los sistemas de retención, el movimiento del maniquí puede ser mayor al indicado anteriormente, siempre y cuando se demuestre que ninguna parte del torso o de la cabeza del maniquí va a contactar ninguna parte rígida del vehículo, excepto por el sistema de dirección o cuando el sistema de restricción cumple con lo especificado en la regulación ECE 12 y el contacto no ocurre a una velocidad mayor que 24 km/h.

Ilustración 4-14. Curva de aceleración en la prueba dinámica de los cinturones de seguridad

El área sombreada de esta figura muestra el rango donde se debe ubicar la curva de aceleración del carrito utilizado para las pruebas dinámicas de los sistemas de los cinturones de seguridad y los sistemas de retención, donde la aceleración se expresa en términos de la aceleración de la gravedad (G).

"Modified from regulation No. 16: Uniform provisions concerning the approval of: I. Safety-belts, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems for occupants of power-driven vehicles II. Vehicles equipped with safety-belts, safety-belt reminders, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX child restraint systems and i-Size child restraint systems, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Prueba de apertura de la hebilla:

Esta prueba se lleva a cabo en las hebillas de los cinturones de seguridad que fueron utilizados en la prueba dinámica. Simplemente consiste en medir la fuerza necesaria para abrir las hebillas, aplicándola en el botón de apertura. Las hebillas cumplirán con lo requerido si la fuerza requerida para abrirlas no supera los 60 N.

ECE 17 (Sillas, sus sistemas de sujeción y cabeceras)

En esta regulación se especifican los requerimientos de la resistencia de las sillas, de sus sistemas de sujeción y de las cabeceras de los vehículos M_1 y N_1 , y de los vehículos M_2 y M_3 que no son cubiertos por la regulación ECE 80. También cubre los requerimientos del diseño de algunas de las partes de los vehículos M_1 , pero no aplica a las sillas que se colocan de lado o viendo hacia atrás, ni a las sillas plegables.

Entre las pruebas a las que son sometidos las sillas de los vehículos contemplados en esta regulación se encuentran pruebas de resistencia del respaldo de la silla y de los sistemas de ajustamiento, pruebas de resistencia de los anclajes de la sillas y de sus sistemas de ajuste, de bloqueo y de desplazamiento, pruebas de la disipación de energía del respaldo y la cabecera y pruebas de desempeño de las cabeceras. Todas ellas se realizan con el fin de corroborar que las sillas, sus sistemas de anclajes y las cabeceras cumplan con ciertos requerimientos mínimos de seguridad.

Prueba de la resistencia del respaldar y de los sistemas de ajustamiento:

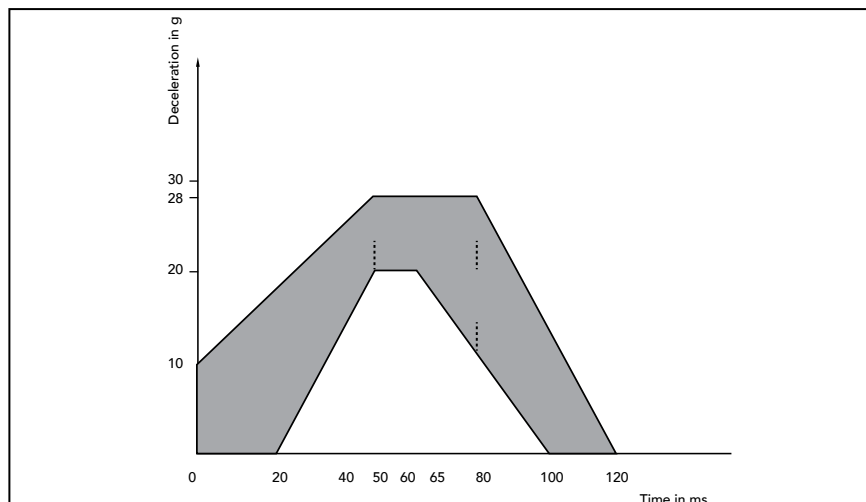
Esta prueba consiste en aplicar una fuerza en la parte superior del respaldar de manera que produzca un momento de 530 Nm con respecto al SgRP, fuerza que se aplica sobre un componente que simula la espalda de un maniquí. Si al finalizar la prueba no se produjo la falla del marco de la silla, ni de los sistemas de anclaje o de los dispositivos de ajuste, de desplazamiento o de bloqueo de la posición de la silla, entonces ella cumple con lo requerido.

Prueba de resistencia de los anclajes de las sillas y de los sistemas de ajustamiento, bloqueo y de desplazamiento:

La prueba consiste en impulsar hacia adelante y luego desacelerar la carcasa del vehículo, a una razón equivalente a 20 veces la aceleración de la gravedad durante 30 ms, para imitar así una colisión trasera.

Alternativamente se puede realizar una prueba que simula una colisión frontal contra una barrera rígida, pero a diferencia del procedimiento anterior, en este caso la colisión se realiza con un vehículo completo, donde la velocidad de impacto debe estar entre 48.3 y 53.1 km/h. Como otra alternativa, se puede acelerar el vehículo de acuerdo con la curva mostrada en la Ilustración 4-15 a fin de demostrar que las sillas satisfacen los requerimientos. Así, las sillas deben cumplir con los mismos requerimientos mencionados para la prueba de la resistencia del respaldar y de los sistemas de ajustamiento, pero además los dispositivos de bloqueo no deben liberarse.

Ilustración 4-15. Curva de aceleración para la prueba de la resistencia de los asientos



El área sombreada de esta figura muestra el rango donde se debe ubicar la curva de aceleración de los vehículos utilizada para probar la resistencia de los asientos. Aquí la aceleración se expresa en múltiplos de la aceleración de la gravedad (G).

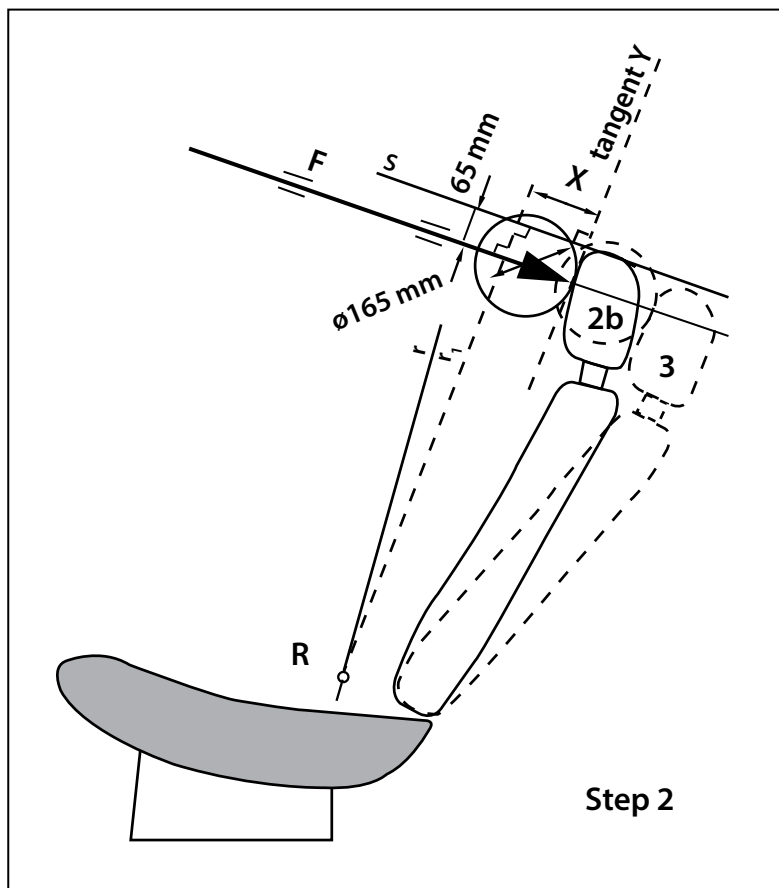
"From regulation No. 17: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the seats, their anchorages and any head restraints, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Prueba de la disipación de energía del respaldar y de la cabecera:

La prueba consiste en golpear ciertas áreas específicas del respaldar y de la cabecera, con un péndulo cuyo extremo tiene la forma de una cabeza esférica (cuya masa reducida¹⁹ es de 6.8 kg) a una velocidad de 24.1 km/h. Entonces, si la desaceleración del péndulo no sobrepasa 80 G continuamente por más de 3 ms, el respaldar de los asientos o las cabeceras cumplirán con lo requerido por esta regulación.

En lo que respecta solo a las cabeceras de los asientos, estas son sometidas a algunas pruebas para determinar ciertas características dimensionales. Los requerimientos dimensionales y los métodos para determinarlos son semejantes a los mencionados en el FMVSS 202. Por otro lado, las cabeceras también son sometidas a pruebas de desempeño.

Ilustración 4-16. Prueba del desempeño de las cabeceras



Para probar el desempeño de las cabeceras se aplica una fuerza de forma que ésta produzca un momento con respecto al SgRP o punto R, pero la fuerza se aplica sobre un objeto esférico que simula la cabeza de una persona.

"From regulation No. 17: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the seats, their anchorages and any head restraints, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

¹⁹ La masa reducida es la masa que se obtiene al multiplicar la masa total del péndulo, por la razón del centro de gravedad del péndulo entre la distancia que hay entre el centro de percusión y el pivote.

Prueba del desempeño de las cabeceras:

Se aplica una fuerza en la cabecera de forma que esta produzca un momento con respecto al SgRP de 373 Nm, utilizando para ello un objeto que simula la forma de la cabeza de una persona, como se aprecia en la Ilustración 4-16. Luego se aumenta la fuerza hasta producir un momento de 890 Nm. La cabecera y su sistema de anclaje deben ser lo suficientemente resistentes para soportar sin romperse las cargas a las que son sometidas.

ECE 18 (Sistema antirrobo)

Esta regulación aplica a los sistemas antirrobo de todos los vehículos de al menos tres ruedas, a excepción de los M_1 y N_1 .

Algunas de las características generales que deben presentar los sistemas antirrobo son:

- Los sistemas deben desactivarse a fin de poder encender el motor o girar el volante.
- No se deben poder abrir, inutilizar o destruir de forma rápida y silenciosa, utilizando para ello herramientas comunes, ni equipos que sean de fácil adquisición para el público.
- Deben ser parte de los componentes originales del vehículo.
- El cerrojo debe diseñarse de forma que se pueda girar el cilindro de cierre con un torque menor a 2.45 Nm solo por medio de la llave correspondiente.
- No deben presentar ningún riesgo de bloquear los vehículos mientras estos están en movimiento, pudiendo causar una situación peligrosa.
- No se debe poder activar los sistemas antirrobo antes de detener el motor cuando el vehículo está estacionario o si su velocidad sobrepasa los 4 km/h.
- En el caso de que el sistema antirrobo funcione con llaves mecánicas y si la remoción de la llave lo activa de manera que actúe sobre el sistema de dirección, la transmisión o en los frenos, se requiere que la llave sea removida por lo menos 2 mm antes de que se active el sistema o debe poseer un sistema que prevenga que se active el sistema antirrobo en el caso de que se de una remoción parcial de la llave o una remoción accidental.
- No deben permitir activar el sistema de energía del vehículo por métodos normales hasta que se haya desactivado el sistema antirrobo.
- En el caso de los sistemas antirrobo que no permitan liberar los frenos son aceptables solamente si funcionan a través de dispositivos mecánicos.

Los dispositivos protectores que actúan en el sistema de dirección, en el sistema de transmisión del vehículo o en la caja de cambios deben ser capaces de continuar funcionando después de que

sean sometidos a cierto grado de desgaste que resulta de 2,500 ciclos de bloqueo. En el caso de los dispositivos protectores que actúan sobre el sistema de dirección, estos se someten a una prueba que consiste en aplicar 2,500 ciclos de bloqueo en cada dirección, los cuales constan de las siguientes etapas:

- **Posición de inicio:** se desactiva el dispositivo protector y se rota el eje del sistema de la dirección a una posición en la que no se bloquee el dispositivo protector.
- **Activación:** se activa el dispositivo protector usando la llave.
- **Activado:** se aplica un torque de 5.85 Nm sobre el eje de la dirección una vez que el dispositivo se ha activado.
- **Desactivado:** se desactiva el dispositivo protector de manera normal.
- **Regreso:** se rota el eje de la dirección a una posición que prevenga que el dispositivo protector se enganche.
- **Dirección opuesta:** se repite todo el procedimiento en la dirección opuesta, procurando que el intervalo entre dos enganches sucesivos del dispositivo protector sea de al menos 10 segundos.

Por último, los dispositivos protectores deben ser capaces de soportar cierto torque estático cuya magnitud depende del sistema sobre el cual actúan, de modo que los dispositivos protectores que actúan sobre el sistema de dirección deben ser capaces de soportar un torque de 200 Nm en ambas direcciones. Los que actúan sobre el sistema de transmisión deben poder soportar un torque 50% mayor que el torque máximo que se puede aplicar normalmente sobre el sistema de transmisión. Para probar ello se deben aplicar los correspondientes torques de prueba.

ECE 21 (Elementos interiores de los vehículos)

Esta regulación rige sobre algunos aspectos asociados a los controles, el techo, los respaldares de las sillas y la parte trasera de los asientos de los vehículos de pasajeros.

En esta regulación se especifican los requerimientos de los elementos internos de los compartimientos para pasajeros, en función de su ubicación dentro de los vehículos. Por ello se especifican los requerimientos de los elementos colocados sobre el nivel del panel de instrumentos frente a los asientos delanteros (excepto las puertas laterales), de los elementos que están debajo del panel de instrumentos frente a los asientos frontales (excluyendo las puertas laterales y los pedales), otros elementos colocados frente a los ocupantes de los asientos traseros, el techo, la parte de trasera de las sillas que están ancladas al vehículo y otros elementos varios. También se indican los requerimientos de las ventanas, particiones y techos solares que funcionan de forma automática.

Requerimientos y pruebas de los elementos colocados sobre el nivel del panel de instrumentos frente a los asientos delanteros

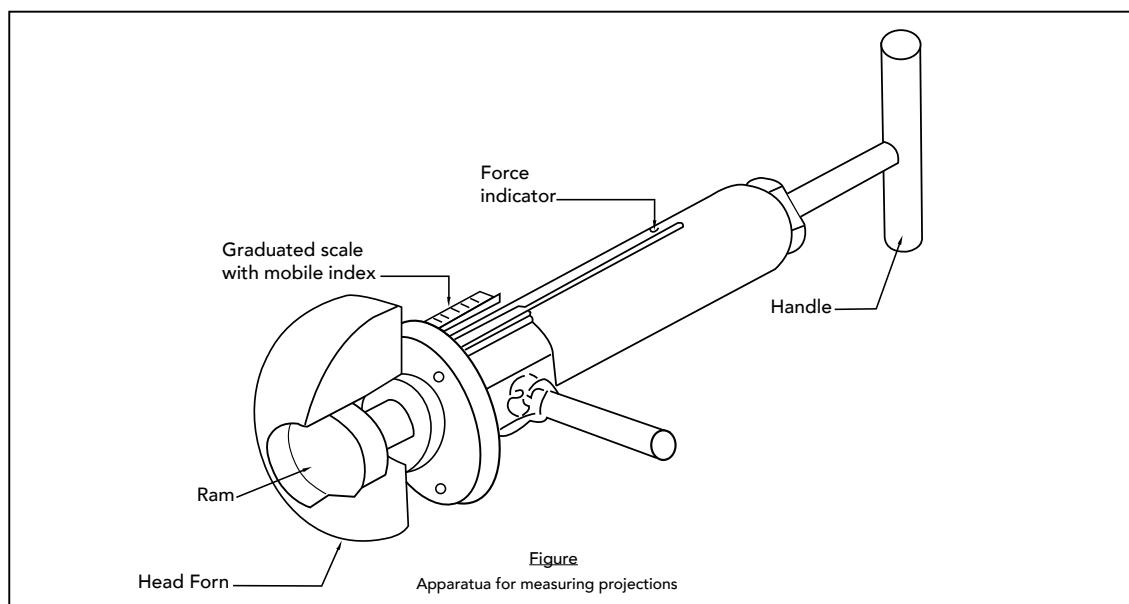
Antes de realizar las pruebas primero se define una zona de referencia, la cual es la zona que encubre los puntos de las superficies no vítreas que pueden tener contacto estático con un objeto esférico de

165 mm de diámetro, que se determina en función de la ubicación del punto H, que es el punto de pivote del torso de un maniquí similar al mostrado en la Ilustración 2-30.

Una vez determinada la zona de referencia, se someten a una prueba de disipación de energía todas las partes del vehículo que están comprendidas dentro de la zona de referencia, excepto las que no son parte del panel de instrumentos y que están colocadas a menos de 10 cm de las superficies vítreas. Esta prueba consiste en impactar a 24.1 km/h los objetos seleccionados con un péndulo cuya masa reducida es de 6.8 kg y cuyo extremo posee un elemento con forma de cabeza de 165 mm de diámetro, con el cual se puede medir la desaceleración obtenida. Entonces, los objetos satisfarán los requerimientos de disipación de energía si la desaceleración del elemento con forma de cabeza no excede 80 veces la aceleración de la gravedad, por un tiempo mayor a 3 ms de forma continua.

Además de cumplir con los requerimientos de absorción de energía, si existen objetos protuberantes en la zona de referencia, cuya altura está entre 3.2 mm y 9.5 mm, éstos no deben tener un área transversal menor a 2 cm², medida a una distancia de 2.5 mm desde donde se proyectan. Para corroborar que tales objetos cumplen con lo requerido, se utiliza un aparato que mide la variación de la altura de una horma de cabeza de 165 mm de diámetro, como se muestra en la Ilustración 4-17. Si dichos objetos se proyectan más de 9.5 mm, estos deben ser capaces de retraerse hasta que su altura alcanza 9.5 mm o de separarse del panel de control sin dejar protuberancias peligrosas, cuando se aplica sobre ellos una fuerza longitudinal horizontal de 378 N, aplicada por el émbolo plano mostrado en la Ilustración 4-17.

Ilustración 4-17. Instrumento utilizado para determinar las dimensiones de las protuberancias encontradas en la zona de referencia



Esta figura muestra el instrumento utilizado para medir los objetos protuberantes, tales como perillas, interruptores, entre otros. El mecanismo consiste en mover la cabeza del instrumento de forma que ella se mantenga en contacto con las superficies en estudio de manera que se puede medir las variaciones en la altura a causa del corrimiento del nonio.

"From regulation No. 21: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their interior fittings, © 1993, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Elementos que están colocados debajo del panel de instrumentos frente a los asientos frontales (excluyendo las puertas laterales y los pedales)

En el caso de los elementos que van colocados bajo el panel de instrumentos, frente a las sillas frontales, se utiliza una horma de rodilla para determinar el riesgo de que las rodillas de los ocupantes los golpeen. Luego de haberse determinado cuáles objetos pueden entrar en contacto con la rodilla, se realizan las pruebas mencionadas para los objetos protuberantes que están colocados sobre el panel de instrumentos, a fin de determinar que ellos cumplan con los mismos requisitos.

La superficie que queda frente a los asientos debe tener un radio de curvatura no menor a 3.2 mm y debe estar hecha de, o cubierta con, un material disipador de energía el cual debe cumplir con los mismos requerimientos mencionados en el tema de los elementos colocados sobre el panel de instrumentos y las pruebas que se realizan son similares, salvo que el impacto que se aplica debe darse longitudinal y horizontalmente. Además, las gavetas y elementos similares deben removerse, quebrarse o deformarse sustancialmente sin producir así ninguna protuberancia peligrosa ante la aplicación de una fuerza horizontal hacia adelante con una magnitud de 378 N.

Otros elementos colocados en frente a los ocupantes de los asientos traseros

Algunos de estos elementos, tales como palancas y manijas, deben cumplir con el requerimiento que establece que al aplicarse una fuerza de 378 N se quiebran sin dejar protuberancias peligrosas, corroboración que se realiza por medio de los procedimientos descritos anteriormente. Además, algunos componentes montados en el techo, pero que no son parte de su estructura, tales como las agarraderas, deben cumplir con los requerimientos de disipación de energía, entre otros requisitos.

El techo

Igualmente, se prueba por medio de una esfera de 165 mm de diámetro para determinar las partes que pueden o no ser contactadas por ella, y luego las que sí pueden se someten a una prueba de absorción de energía. Esto también se aplica a los elementos de control de los techos que se abren.

Parte trasera de las sillas

De igual forma, la parte trasera de las sillas, salvo aquellas que están colocadas en la parte trasera del vehículo, deben cumplir con los requerimientos de disipación de energía.

Ventanas, techo solar y sistemas de partición automáticos

Las pruebas y requerimientos de estos componentes son similares a las especificadas en el FMVSS 118 realizadas para evaluar los sistemas de detección de obstrucciones utilizando una barra de prueba.

Métodos opcionales para determinar la zona de impacto de la cabeza

En esta normativa se estipula que se pueden utilizar métodos equivalentes para determinar la zona de impacto de la cabeza. Estos métodos se basan en pruebas dinámicas que pueden ser de impacto frontal

del vehículo, deslizamiento del vehículo o se puede hacer la demostración mediante simulaciones de colisiones.

La prueba de impacto frontal del vehículo consiste en colisionarlo contra una barrera rígida fija a una velocidad de 48.3 km/h y a un ángulo de $\pm 30^\circ$, utilizando para ello maniquíes antropomórficos que representan al percentil 5 de las mujeres adultas, el percentil 50 de los hombres adultos y el percentil 95 de los hombres adultos.

En la prueba de deslizamiento se monta la carrocería de un vehículo, junto con los elementos internos, se le acelera de la misma manera mostrada en la Ilustración 4-14. Durante la prueba se estudia la secuencia de movimiento de los maniquíes indicados anteriormente, a fin de determinar las zonas en las que la cabeza de estos puede entrar en contacto con los elementos internos de la cabina.

Por último, se pueden hacer simulaciones para estudiar la secuencia de movimientos de los maniquíes mencionados arriba.

ECE 22 (Cascos de motociclistas y sus visores)

En esta regulación se especifican los requerimientos de los cascos de motociclistas y de los visores que se adjuntan a ellos.

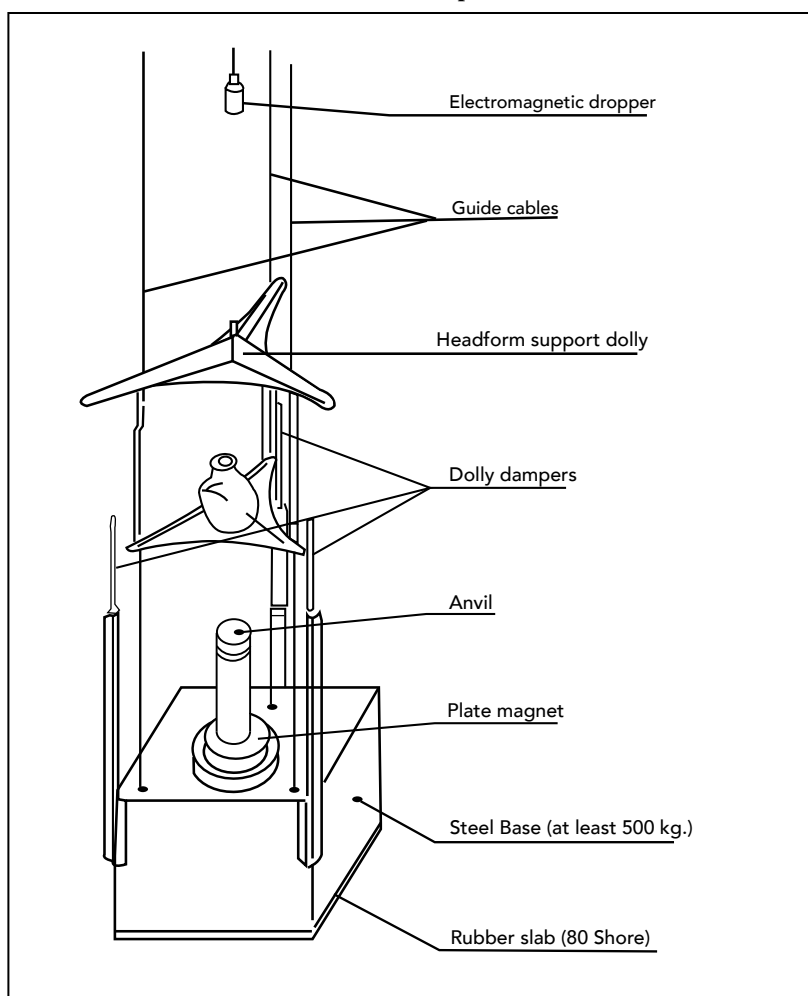
Los cascos de motociclistas son sometidos a varias pruebas para demostrar que funcionan correctamente, las cuales son: prueba de absorción de impactos, prueba de las proyecciones y superficies de fricción, prueba de rigidez, pruebas dinámicas del sistema de retención y prueba de retención del casco.

Las pruebas de absorción de impactos consisten en dejar caer libremente el casco sobre una superficie de acero en diversas posiciones (ver Ilustración 4-18). La prueba se realiza con diversos cascos que se deben acondicionar como se indica a continuación:

- Con una tela de algodón se aplica un solvente en la superficie externa de los cascos y se les deja reposar durante 30 minutos. Luego:
 - o Se exponen cinco cascos a un ambiente a una temperatura de 25°C y una humedad relativa de 65% durante al menos 4 horas.
 - o Se calienta un casco a una temperatura de 50°C durante entre 4 y 6 horas.
 - o Se enfría un casco a una temperatura de -20°C durante entre 4 y 6 horas.
 - o Se expone la superficie externa de un casco a radiación ultravioleta emitida a través de una lámpara de xenón de cuarzo de 125 Watt durante 48 horas, colocada a una distancia de 25 cm. Luego se le rocía con agua a temperatura ambiente durante un periodo de entre 4 a 6 horas.

Para llevar a cabo la prueba de absorción de impactos se le coloca el casco a una horma de cabeza humana, instrumentada con acelerómetros tridimensionales que permiten medir el HIC. En cada punto de impacto se llevan a cabo cuatro mediciones y los puntos de impacto corresponden al área frontal, área lateral a la izquierda o a la derecha, área posterior, en el centro de la parte de arriba del casco y en la superficie de abajo del casco. La eficiencia de absorción del impacto se considera satisfactoria si la aceleración resultante medida en el centro de gravedad de la cabeza no excede 275 G y si el HIC es menor que 2,400.

Ilustración 4-18. Prueba de absorción de impactos de los cascos de motociclistas

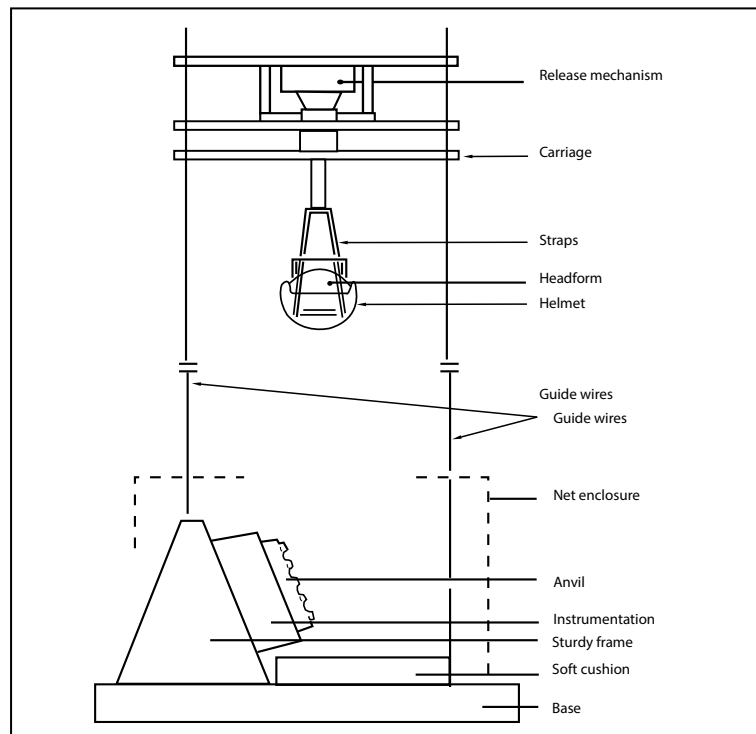


"From regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Para determinar si las proyecciones y la superficie de fricción son adecuadas, se puede llevar a cabo uno de dos tipos de ensayos.

En el primer ensayo uno se miden las fuerzas de rotación producidas por las proyecciones en el casco y la fricción del casco contra una superficie externa, fuerza que se produce cuando un casco se deja caer verticalmente sobre una superficie inclinada en un ángulo de 15°. El casco se deja caer desde una altura tal que al momento del impacto la velocidad debe ser de 8.5 m/s (ver Ilustración 4-19). En este ensayo se utilizan dos tipos de superficies: una está conformada por las caras de unas barras de acero cilíndricas y la otra es una lija grado 80. Los puntos de impacto pueden ser cualquier punto del casco, pero se deben realizar suficientes pruebas para asegurarse de evaluar todas las proyecciones que puedan generar grandes fuerzas de rotación. Para esta prueba el casco también debe contener una horma de cabeza instrumentada de manera que se puedan medir las fuerzas producidas en el impacto. Los criterios de aceptación de las pruebas dependen del tipo de superficie sobre la que se dejan caer los cascos y se basan en la magnitud de la fuerza longitudinal producida y en la integral de la función de la fuerza con respecto al tiempo que dura el impacto, como lo indica la Tabla 4-14.

Ilustración 4-19. Prueba del efecto de las proyecciones y de la fricción de la superficie de los cascos de motociclistas



"From regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En el segundo ensayo también se evalúan las fuerzas que inducen la rotación del casco a causa de las proyecciones y de la fricción superficial, pero en lugar de dejar caer el casco sobre una superficie inclinada, la evaluación se lleva a cabo a través de dos etapas: en una se aplica una fuerza de cizallamiento contra las proyecciones y en la otra etapa se evalúa la fricción moviendo un objeto abrasivo sobre la superficie del casco. En ambas etapas las fuerzas y el desplazamiento son producidos con un peso que se deja caer sobre el casco. Además, para realizar estas pruebas también se coloca el casco en una horma de cabeza instrumentada.

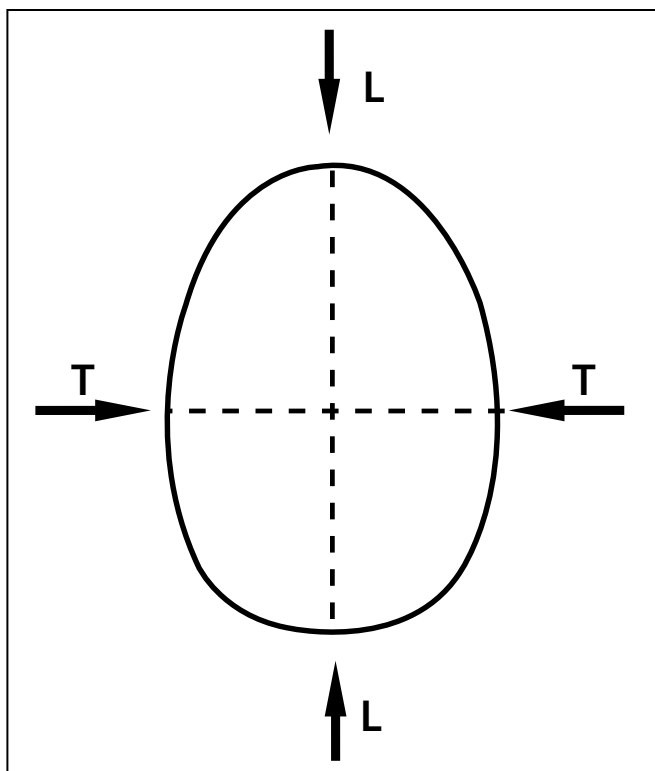
Tabla 4-14. Criterios de aceptación de las pruebas de las proyecciones y de las superficies de fricción de los cascos de motociclistas

Tipo de superficie	Fuerza longitudinal (N)	Integral de la función de la fuerza con respecto al tiempo de impacto (Ns)
Superficie hecha con las caras de cilindros metálicos	$\leq 2,500$	≤ 12.5
Lija	$\leq 3,500$	≤ 25

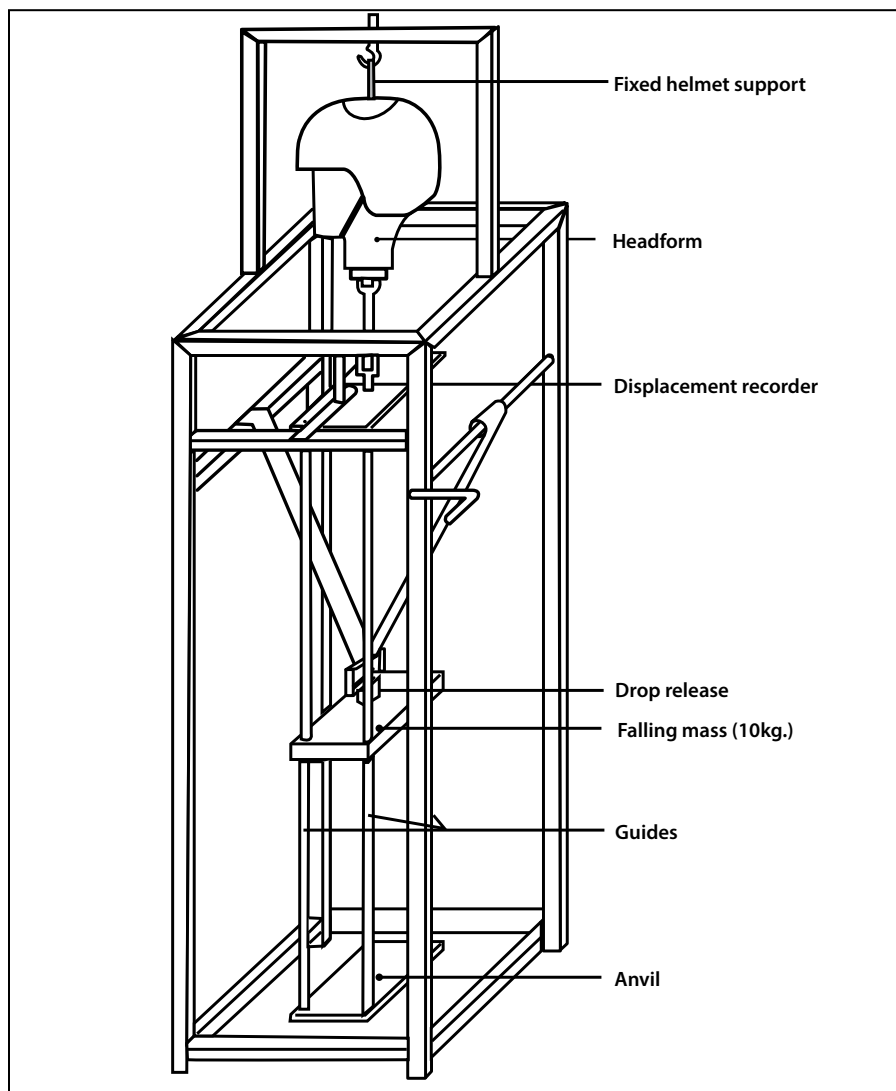
“Modified from regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

Para evaluar el efecto de las proyecciones, se coloca el casco de manera tal que el instrumento que produce la fuerza de cizallamiento entre en contacto lateral con la proyección cuando se deja caer el peso. Para evaluar la fricción, se pega una lija de grado 80 a un objeto que va a ser desplazado por el peso cuando cae. En ambos casos se utiliza una masa de 15 kg que se deja caer desde una distancia de 500 mm. Al finalizar la prueba de las proyecciones se debe poder corroborar que ellas cedan ante el impacto o que desvíen el objeto cortante, por lo que las proyecciones en cuestión deben desprenderse, cortarse y arrancarse o permitir que el objeto cortante se deslice más allá de la proyección. Por otro lado, la fricción ofrecida por el casco debe ser tan baja que en ningún momento debe detener por completo el objeto que se desliza sobre él.

La prueba de rigidez consiste en medir las deformaciones que se producen en el casco cuando se aplican fuerzas en él, como lo indica la Ilustración 4-20. Para ello se colocan dos placas paralelas a los lados o al frente y atrás del casco y se comienzan a aplicar fuerzas de compresión. Primero se aplica una fuerza de compresión de 30 N y después de 2 minutos se mide la distancia de separación entre las placas. Luego se aplica una fuerza de 130 N durante 2 minutos y se vuelve a medir la separación, procedimiento que se repite hasta alcanzar una fuerza de 630 N. Después se reduce la fuerza a 30 N y se vuelve a medir la separación entre las placas. Los resultados se considerarán satisfactorios si la deformación producida por la fuerza de 630 N no excede en más de 40 mm a la deformación producida por la fuerza de 30 N inicial. Además, al restaurarse la fuerza de 30 N, la deformación no debe exceder en más de 15 mm la deformación inicial.

Ilustración 4-20. Prueba de rigidez de los cascos de motociclistas

"From regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

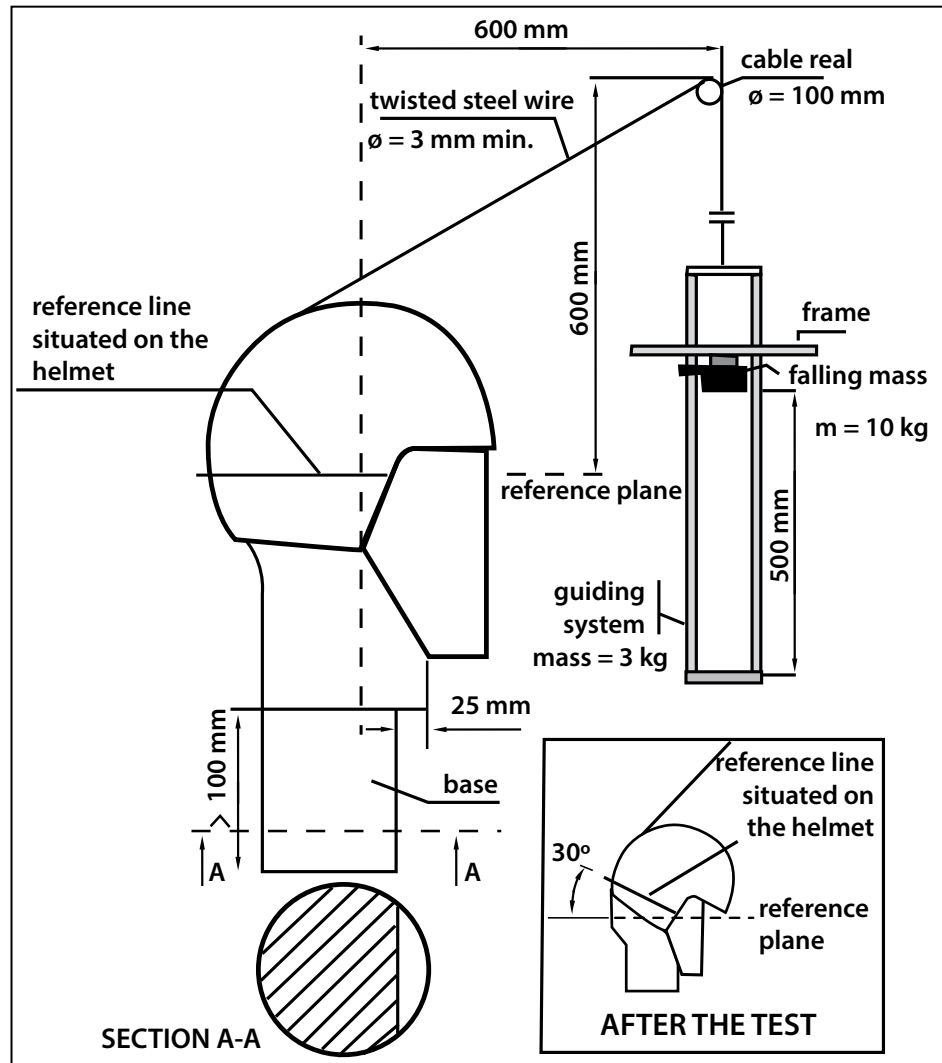
Ilustración 4-21. Prueba dinámica del sistema de retención de los cascos de motociclistas

"From regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La prueba dinámica del sistema de retención se lleva a cabo para estudiar la capacidad del sistema de retención del casco de mantenerlo fijo a la cabeza. Para ello se coloca el casco en una horma de cabeza y se le sujeta por medio del sistema de retención. Luego se cuelga el casco y se sujeta una masa de 10 kg al sistema de retención como lo muestra la Ilustración 4-21. Posteriormente se deja caer la masa una altura de 750 mm y se mide el desplazamiento del sistema de retención. Durante el ensayo, el desplazamiento dinámico del sistema de retención no debe sobrepasar los 35 mm, mientras que 2 minutos después de haber aplicado la carga el desplazamiento residual debe ser menor que 25 mm.

La prueba de retención del casco consiste en aplicar una fuerza desde la parte de atrás del casco para tratar de separarlo de la cabeza donde fue colocado (ver Ilustración 4-22). Para ello se utiliza un mecanismo con una polea que permite transmitir la fuerza de una masa de 10 kg cuando cae una altura de 0.50 m. Al finalizar la prueba el ángulo del casco no debe exceder 30°.

Ilustración 4-22. Prueba de la capacidad de retención del casco



"From regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los visores también son sometidos a ensayos con el fin de determinar si sus propiedades mecánicas y ópticas cumplen con los requerimientos. Cabe destacar que antes de realizar las pruebas mecánicas u ópticas cada visor debe ser acondicionado con luz ultravioleta de la misma manera que se había indicado anteriormente.

Para estudiar las propiedades mecánicas se coloca un indentador cónico de metal a aproximadamente 5 mm de la horma de cabeza. Luego se deja caer un martillo de 3 kg desde una altura de 1 m. Si el visor se raja después del impacto, no se deben producir trozos puntiagudos (segmentos con ángulos menores a 60°).

Para estudiar las propiedades ópticas del visor, se obtienen muestras de material de las partes más planas y se les somete a pruebas de transmisión luminosa. Para ellos se limpia la superficie y se toma la medida de la transmisión luminosa y la difusión de la luz. Después de medir la transmisión y la difusión de la luz, se someten las muestras del material a una abrasión para raspar la superficie y luego de eso se vuelve a medir la difusión de la luz del material. Al finalizar la prueba, los valores de la difusión de la luz no deben sobrepasar los valores mostrados en la Tabla 4-15.

Tabla 4-15. Valores máximos de difusión de la luz de los visores de los cascos de motociclistas

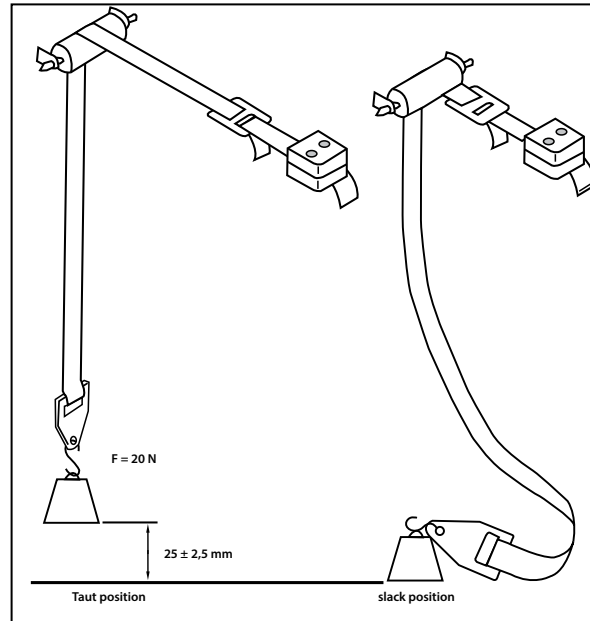
Antes de la abrasión	Después de la abrasión
0.65 cd/m ² /l 2.50%	0.50 cd/m ² /l 20%

En el estándar se establecen tres métodos opcionales para determinar la difusión de la luz y uno de ellos expresa los resultados en términos porcentuales. *"Modified from regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."*

Por otra parte, las correas son sometidas a pruebas para determinar el micro-deslizamiento y la resistencia a la abrasión de las fajas de la barbilla.

Las correas utilizadas para sujetar los cascos a las cabezas son sometidas a pruebas de micro-deslizamiento. Para ello se coloca la correa, junto con los dispositivos de ajuste y tensión, en una máquina que produce un movimiento de vaivén en uno de los extremos, mientras que el otro está unido a un peso de 20 N (ver Ilustración 4-23). El movimiento debe ser tal que permita que la correa se tense y se relaje, movimiento que debe tener una amplitud de 50 mm y una frecuencia de 0.5 Hz a 2 Hz. Después de aplicar 520 ciclos, se mide el desplazamiento de la faja a través del dispositivo de ajuste, el cual no debe exceder 10 mm para cumplir con lo requerido.

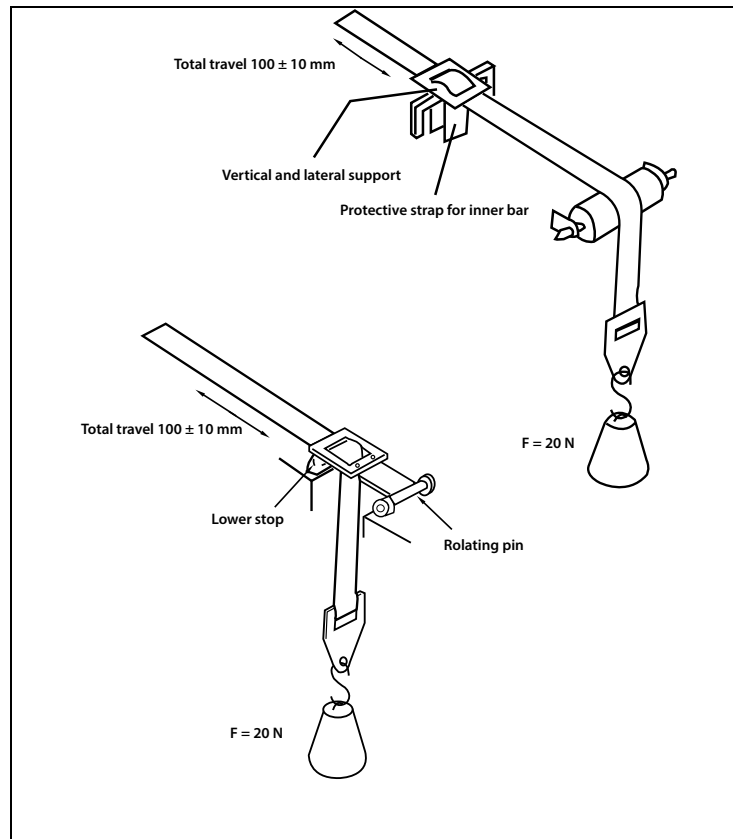
Ilustración 4-23. Prueba de micro-deslizamiento de las fajas de los cascos de motociclistas



"From regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Las fajas de los cascos también son sometidas a una prueba de resistencia a la abrasión. Esta prueba se lleva a cabo siempre que la faja se desliza a través de algún elemento rígido del sistema de retención (salvo en ciertas excepciones) y consiste en aplicar un movimiento de vaivén haciendo que la faja se deslice a través de un elemento que representa el ajustador (ver Ilustración 4-24), movimiento que debe tener 100 mm de amplitud y una frecuencia de 0.5 a 2 Hz, colocando un peso de 20 N en un extremo de la faja. Después de aplicar 5,000 ciclos, se monta una parte desgastada de la faja en una máquina para medir la tensión. La faja debe ser capaz de soportar una tensión de 3 kN sin romperse.

Ilustración 4-24. Prueba de resistencia a la abrasión de las fajas de los cascos de motociclistas



"From regulation No. 22: Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds, © 2002, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Además de las pruebas mencionadas anteriormente, también se llevan a cabo ensayos para estudiar el funcionamiento de los sistemas de retención que poseen mecanismos para soltar la faja rápidamente. Esos sistemas son sometidos a pruebas para determinar la presión necesaria para soltar la faja de forma inadvertida, la facilidad de soltarla y la durabilidad del mecanismo.

El mecanismo de apertura rápida debe estar diseñado para que la faja no sea soltada de forma inadvertida. Si el mecanismo funciona a través de un dispositivo que se activa con presión, dicho dispositivo se somete a prueba presionándolo con una esfera rígida de 100 mm de diámetro que se usa para aplicar una fuerza de 100 N directamente en la dirección de movimiento del dispositivo. El dispositivo no debe abrirse ante tal presión.

En el ensayo que se realiza para determinar qué tan fácil es abrir el dispositivo, primero se coloca el casco sobre una horma de cabeza y luego se aplica una fuerza de 150 N sobre el mecanismo de apertura rápida. Después se aplica una fuerza adicional de 350 N en el sistema de retención por al menos 30 segundos. Después de remover la fuerza de 350 N el sistema debe ser capaz de ser operado a una fuerza de 30 N. No obstante, si el mecanismo de apertura rápida forma parte de la carcasa del casco, éste debe ser capaz de ser accionado con una fuerza de 60 N.

Por último, los mecanismos de rápida apertura también son sometidos a pruebas de durabilidad. La prueba consiste en aplicar 5,000 ciclos de apertura y cierre, cada ciclo con una duración no menor a 2 segundos, aplicando para ello una fuerza de 20 N en la dirección en la cual el mecanismo está diseñado para soportar la carga. Si el mecanismo posee partes metálicas, se le debe rociar con una solución salina durante 48 horas a una temperatura de 35°C antes de iniciar la prueba. Al terminar el ensayo el mecanismo debe ser capaz de soportar, sin fracturarse ni desengancharse, una fuerza de 2 kN aplicada de forma progresiva sobre el sistema de retención en la dirección en la que el mecanismo fue diseñado para soportar la fuerza; además después de remover la fuerza se debe poder utilizar el mecanismo.

ECE 25 (Cabeceras)

Esta regulación indica los requerimientos y las pruebas para las cabeceras de las sillas de los vehículos (omitiendo las sillas que no miran hacia el frente o hacia atrás), pero contempla tanto las cabeceras que están integradas a la silla pero que no se pueden separar de ella, como a las cabeceras que son removibles y las que son separadas de las sillas.

Las cabeceras removibles son aquellas que son un componente separable de la silla, pero que se pueden insertar en ella, mientras que las separadas son un componente separado de la silla y que están hechas para ser insertadas en la estructura del vehículo.

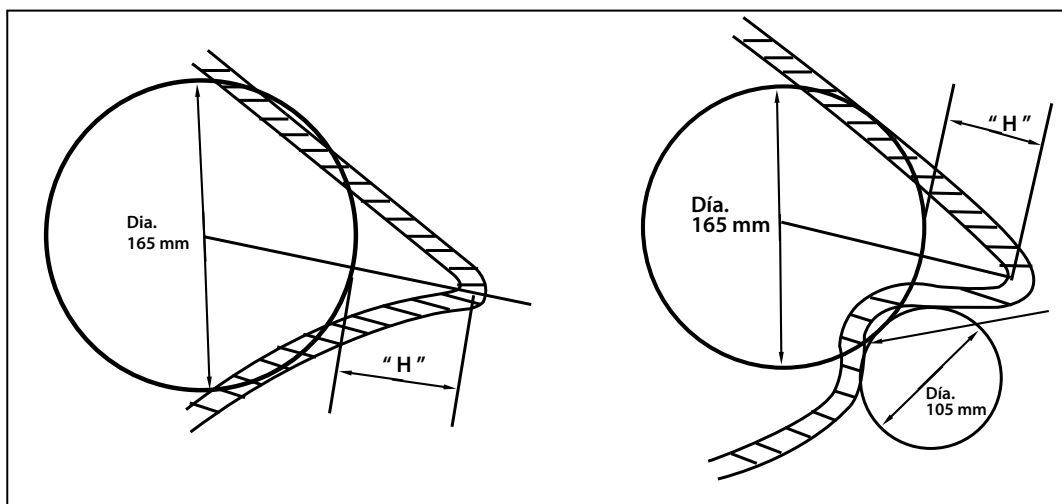
Los requerimientos y las pruebas indicadas en esta normativa son un compendio de los requerimientos y las pruebas mencionados en las regulaciones vehiculares ECE 17 y ECE 21, ya que las cabeceras deben cumplir con los requerimientos dimensionales (como se explica en el FMVSS 202) y de resistencia mencionados en la regulación ECE 17, pero también deben cumplir con los requerimientos de la absorción de energía mencionados en la regulación ECE 21.

ECE 26 y ECE 61 (Proyecciones externas)

Estas regulaciones aplican a las proyecciones externas de los vehículos de las categorías M₁ (norma ECE 26) y N (norma ECE 61) con el propósito de reducir los riegos o la severidad de las lesiones que se pueden producir en los atropellos a personas, pero no se aplica para los espejos retrovisores, ni a accesorios como las canastas de equipaje. Tampoco se aplica a ciertas superficies que son difíciles de ser contactadas, como por ejemplo, superficies a más de 2 metros de altura, o superficies que no pueden ser contactadas por una esfera de 100 mm de diámetro.

De acuerdo con lo requerido, la superficie externa de los vehículos no debe tener partes puntiagudas o filosas, ni ninguna proyección que aumente el riesgo o la severidad de las lesiones que se pueden producir en el cuerpo de un peatón en caso de atropellarlo. Las partes externas tampoco deben estar diseñadas de manera tal que puedan atrapar a peatones, ciclistas, motociclistas, entre otros. Además, ellas deben tener un radio de curvatura menor a 2.5 mm, salvo aquellas partes cuya dureza en la escala Shore es menor a 60 A, o salvo aquellos elementos que se proyectan una distancia menor a 5 mm, en cuyo caso su radio de curvatura debe ser de por lo menos 1.5 mm.

Ilustración 4-25. Determinación del tamaño de las proyecciones



"From regulation No. 26: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their external projections, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Para determinar si las proyecciones externas tienen un tamaño adecuado, se colocan esferas de 165 mm o 100 mm de diámetro que permiten determinar la posibilidad de que tales elementos sean contactados de forma que ponga en riesgo a los peatones, como se aprecia en la Ilustración 4-25. Una manera opcional es determinar el tamaño de las proyecciones a través de los planos constructivos del vehículo.

Para algunos elementos externos se aplican ciertos requerimientos especiales. Entre tales elementos externos se encuentran: los adornos; los focos delanteros; las rejillas y aperturas; los limpia parabrisas; los parachoques; las manijas; bisagras y botones de las puertas, de la puerta de la cajuela, de la capota y del tanque de combustible; las llantas; las tuercas de las llantas; los bordes metálicos y los paneles de la carrocería, entre otros.

Como por ejemplo, si los elementos ornamentales se proyectan más de 10 mm, estos deben diseñarse de forma que se retraigan, doblen o se arranquen cuando se aplica una fuerza de 100 N en su punto más saliente y de forma paralela a la superficie a la cual están adheridos. Al suceder esto, las proyecciones remanentes no deben extenderse más de 10 mm y deben cumplir con los requerimientos antes mencionados. Para comprobar este aspecto se realiza una prueba en la que se aplica la fuerza a través de un instrumento especial para ello.

ECE 28 (Dispositivos de advertencia sonora y señales)

Esta regulación aplica a las señales de advertencia y señales audibles de los vehículos de las categorías L_3 , L_4 , L_5 , M y N.

Las señales de advertencia deben emitir un sonido continuo y uniforme y su espectro acústico no debe variar significativamente durante su operación. Ellas son sometidas a pruebas de medición del nivel del sonido, de resistencia y del espectro del sonido.

Las pruebas del nivel de sonido se deben realizar en una cámara que no produzca eco, o al aire libre, manteniendo un nivel de sonido ambiental de al menos 10 dB (A) menor que el sonido del dispositivo sonoro, medidas que se llevan a cabo en base a la curva A de la Comisión Internacional Electrotécnica o IEC por sus siglas en inglés. En la Tabla 4-16 se muestran los niveles de sonido requeridos.

Por otro lado, la prueba de resistencia consiste en someter el dispositivo sonoro a varios ciclos de apagado y encendido, para determinar si duran lo suficiente. Como por ejemplo, los dispositivos sonoros de las motocicletas de menos de 7 kW de potencia son sometidos a 10,000 ciclos de encendido y apagado, en los que el permanece encendido durante un segundo y apagado 4 segundos.

Por último, la prueba del espectro de sonido consiste en medir la presión del sonido emitido por el dispositivo entre la banda de frecuencia de 1,800 - 3,500 Hz, a fin de determinar si el nivel de sonido emitido es mayor que el de un componente cuya frecuencia es mayor a 3,500 Hz, y que es mayor o igual que los niveles de presión del sonido mostrados en la en la Tabla 4-16.

Tabla 4-16. Requerimientos del nivel de la presión del sonido dB(A)

Prueba	Tipo de vehículo	
	Motocicletas cuya potencia es menor o igual a 7 kW	Vehículos de las categorías M y N, y motocicletas cuya potencia es mayor a 7 kW
Medición de sonido en base a la curva A de la IEC	< 115	< 118
Espectro de sonido entre la banda de frecuencia entre 1,800 y 3,500 Hz	≥ 95	≥ 105

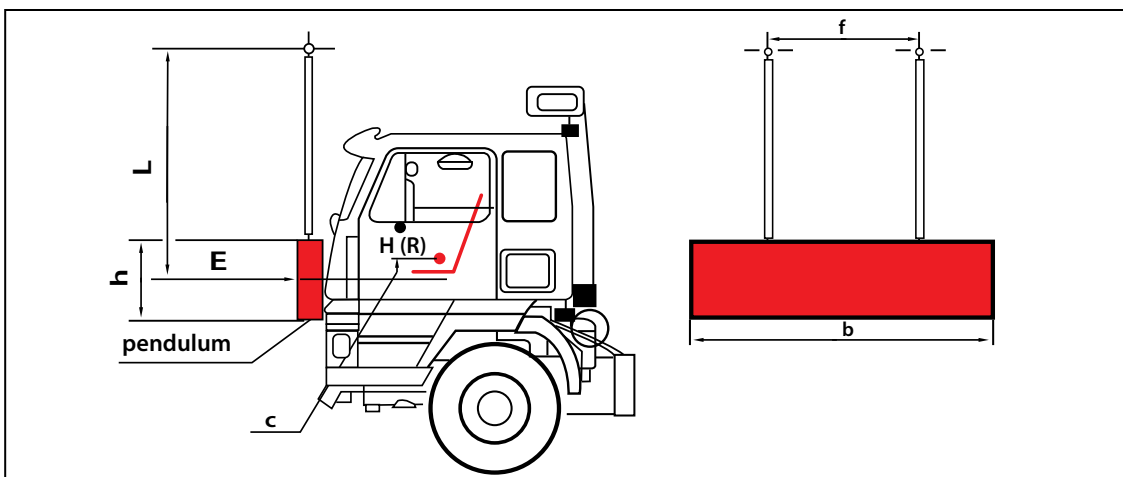
"Modified from regulation No. 28 amendment 2: Uniform provisions concerning the approval of audible warning devices and of motor vehicles with regard to their audible signals, © 1992, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 29 (Protección para los ocupantes de las cabinas de los vehículos comerciales)

Esta regulación aplica a las cabinas de los vehículos de la categoría N.

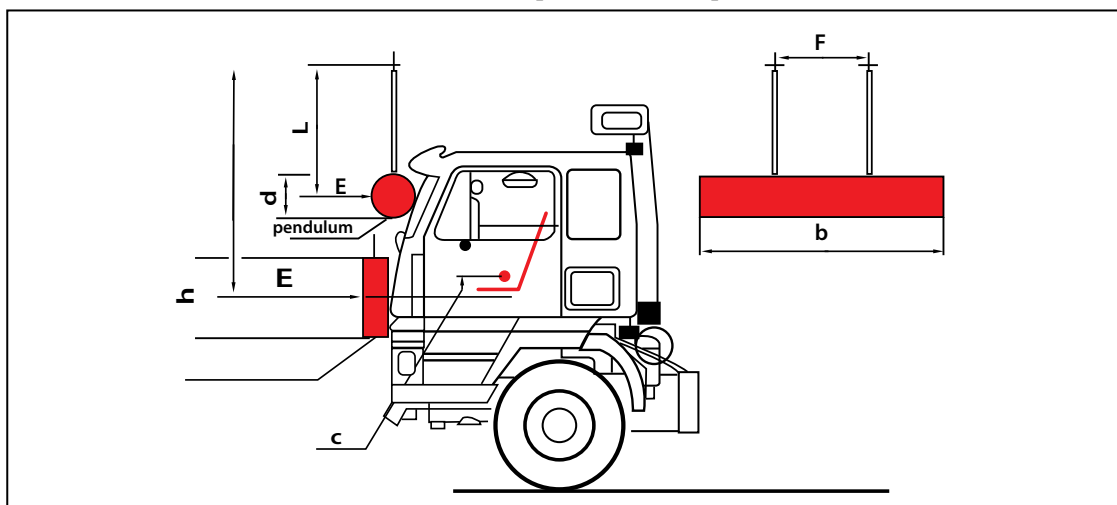
Las cabinas de los vehículos de la categoría N deben estar construidas de forma que se elimine lo más que se pueda el riesgo de producir lesiones de los ocupantes en el caso de que se presente un accidente de tránsito. Para probar ello, los vehículos son sometidos a ensayos de impacto frontal, de impacto frontal del pilar de la cabina y de resistencia del techo.

La prueba de impacto frontal se aplica solo a los vehículos cuya cabina está montada sobre el motor, también conocidos como COE (Cab Over Engine). Esta consiste en golpear la parte frontal del vehículo con un péndulo que está hecho de una placa rectangular de acero, procurando que el golpe se de horizontalmente, con una energía de 29.4 kJ para vehículos de menos de 7.5 toneladas y de 55 kJ para vehículos cuya masa es igual o mayor a 7.5 toneladas, como se aprecia en la Ilustración 4-26.

Ilustración 4-26. Prueba de impacto frontal para los vehículos con la cabina montada sobre el motor (COE).

Esta figura representa la forma en que se impactan los vehículos que poseen la cabina montada sobre el motor, utilizando para ello un péndulo que posee una placa de acero en el extremo.

"From regulation No. 29: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants of the cab of a commercial vehicle, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-27. Prueba de impacto frontal del pilar de la cabina.

Esta figura representa el procedimiento utilizado para la prueba de impacto del pilar de la cabina, en la que se busca golpear la estructura de la cabina en el centro del parabrisas.

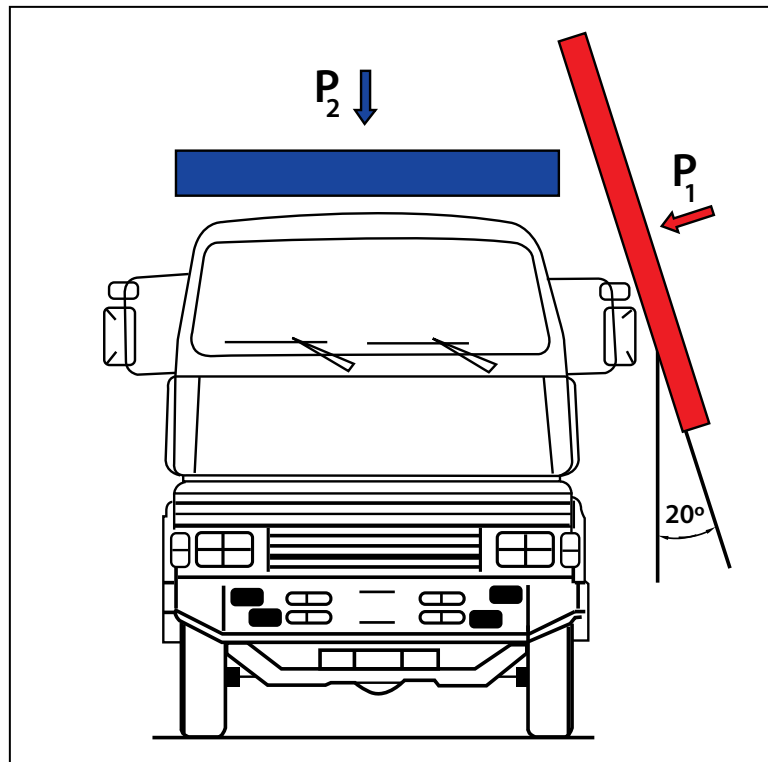
"From regulation No. 29: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants of the cab of a commercial vehicle, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

De manera similar, en la prueba de impacto frontal del pilar se golpean los vehículos con un péndulo. La diferencia radica principalmente en que en ésta se golpea el pilar A de la estructura de la cabina a la mitad, entre el borde superior e inferior del parabrisas y se utiliza para ello un péndulo cilíndrico, como lo muestra la Ilustración 4-27. El impacto debe darse de forma horizontal con una energía de 29.4 kJ. Esta prueba se realiza solo en los vehículos de las categorías N3 y N2 con más de 7.5 toneladas.

Por último, en la prueba de resistencia del techo se golpea de forma oblicua el techo de los vehículos con una placa rígida, produciendo un impacto de 17.6 kJ como lo muestra la placa color vino de la

Ilustración 4-28. Posteriormente se aplica una fuerza vertical de 98 kN por medio de otra placa rígida, indicada de color azul en la Ilustración 4-28. Cabe destacar que el techo de los vehículos N_1 y N_2 que tienen un peso menor a 7.5 toneladas es sometido solo a la prueba de aplastamiento.

Ilustración 4-28. Prueba de resistencia del techo



Esta figura muestra la dirección del impacto que se produce en el techo de las cabinas, en la cual la placa se coloca a un ángulo de 20° con respecto a la vertical (ver placa color vino). También indica cómo se aplica la fuerza de aplastamiento sobre el techo (ver placa color azul), a la que se somete la cabina del vehículo después de haber sido previamente impactada de forma oblicua.

"From regulation No. 29: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants of the cab of a commercial vehicle, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Al haberse sometido la cabina de los vehículos a las pruebas antes mencionadas de forma sucesiva, esta debe tener un espacio en el cual una persona pueda sobrevivir, lo cual se demuestra colocando en ella un maniquí en los asientos ubicados dentro de la misma. Entonces, si ninguna superficie con una dureza Shore mayor o igual a 50 entra en contacto con el maniquí, la cabina del vehículo cumplirá con los requerimientos.

ECE 30 (Llantas neumáticas)

Esta regulación se aplica a las llantas neumáticas de los vehículos de las categorías M_1 , O_1 y O_2 . De acuerdo con esta regulación las llantas son sometidas a pruebas para corroborar que ellas cumplan con los requerimientos dimensionales y de desempeño.

Para verificar el desempeño, se monta la llanta en un aro especialmente diseñado para realizar las pruebas y se presiona el sistema contra una rueda. Luego se aplica en el eje de la llanta una carga equivalente al 80% de la carga máxima permitida, o de la carga máxima permitida a la velocidad máxima permitida (según sean las indicaciones encontradas en la llanta). Mientras se mantiene la carga, se aumenta la velocidad hasta alcanzar la velocidad máxima permitida para la llanta, permaneciendo en esas condiciones durante 20 minutos.

Además, las llantas que están diseñadas para velocidades que superan los 300 km/h se someten primero a una prueba igual a la mencionada anteriormente, pero aumentando la velocidad hasta 300 km/h. Posteriormente se someten a una segunda prueba en la que también se aplica el 80% de la carga máxima y se aumenta la velocidad hasta su valor máximo permitido, manteniéndola así durante 5 minutos.

Si al final de las pruebas las llantas no presentan separación de la banda de rodadura, de las fibras ni de los tejidos, y si no muestran desprendimiento de pedazos o cuerdas rotas, entonces cumplirán con lo requerido.

Las llantas que están diseñadas de forma que puedan usarse bajo ciertas condiciones cuando están desinfladas son sometidas a una prueba adicional. Esta consiste en desinflar la llanta y someterla a una carga de 65% de la carga máxima permitida y se mide la deflexión que sufre. Posteriormente se hace rotar la llanta hasta alcanzar una velocidad de 80 km/h y se mantiene así durante una hora. Al finalizar la prueba se mide la deflexión final y se determina la diferencia porcentual entre la deflexión inicial y la final. Entonces, si tal diferencia porcentual no supera un valor de un 20%, las llantas satisfarán los requisitos.

ECE 32 (Colisiones traseras)

Esta regulación aplica a los vehículos M₁ con respecto a su comportamiento ante colisiones traseras.

Para probar que los vehículos se comportan satisfactoriamente ante colisiones traseras, se realiza una prueba que consiste en impactar los vehículos por su parte posterior, a una velocidad que ronda entre los 35 y 38 km/h, a fin de estudiar los daños que sufren. Para ello, se puede impactar el vehículo por medio de una barrera móvil rígida montada en un carrito o por medio de un péndulo que posee un sistema que evita que ocurran impactos posteriores.

El objeto que impacta debe estar hecho con una placa plana de acero y la barrera junto con el carrito o la masa reducida del péndulo deben tener una masa de 1,000 kg.

Si al finalizar la prueba el desplazamiento longitudinal de la última silla del vehículo es menor a 75 mm (medida desde el SgRP con respecto a algún punto de referencia de la parte no deformada del vehículo), si ningún componente rígido del compartimiento de pasajeros puede poner en serio riesgo a los ocupantes, si las puertas laterales no se abren y si las puertas se pueden abrir sin necesidad de utilizar herramientas, entonces los vehículos cumplirán con lo requerido.

ECE 33 (Colisión delantera)

Esta regulación aplica a los vehículos M_1 (excepto los vehículos que pesan más de 3.5 toneladas) con respecto a su comportamiento ante colisiones delanteras.

Para determinar cómo se comportan los vehículos ante colisiones frontales se llevan a cabo pruebas de colisiones frontales contra una barrera rígida. El impacto se debe dar a una velocidad que ronda los 48.3 y 53.1 km/h.

Después de la prueba de impacto, la distancia horizontal entre la superficie posterior del panel de instrumentos y el SgRP de los asientos delanteros debe ser de por lo menos 450 mm, la distancia entre el centro del pedal del freno de servicio y la parte frontal del compartimiento de pasajeros debe ser de por lo menos 650 mm, la distancia entre las paredes laterales del espacio en el que se colocan los pies (medida a través del punto medio del pedal del freno de servicio) debe ser de por lo menos 250 mm para cada uno de los asientos frontales y la distancia entre el techo y el piso del carro (medida a través del SgRP) no debe reducirse en más de un 10%. Además, después de la prueba no deben quedar partes rígidas que puedan poner en riesgo a los ocupantes, las puertas laterales no deben abrirse a causa del impacto y las puertas se deben poder abrir sin necesidad de utilizar herramientas.

ECE 34 (Prevención contra el riesgo de incendios)

Esta regulación se aplica a los tanques de combustible de los vehículos de las categorías M, N y O, y a la prevención del riesgo de incendio de tales vehículos en caso de que se den colisiones frontales, laterales y/o traseras, en caso de que el fabricante solicite que se realicen las pruebas de impacto.

Los tanques de combustible deben estar contruidos con un material resistente a la corrosión. Además, para reducir la posibilidad de que se produzcan incendios, los tanques deben cumplir con ciertos requisitos de retención de líquidos, por lo que ellos son sometidos a una prueba hidráulica y a una prueba de vuelco.

En la prueba hidráulica se presurizan los tanques y sus accesorios por medio de un líquido no inflamable como el agua, hasta llevarlos al doble de la presión de trabajo y se mantienen así durante un minuto. Al final, los tanques no deben agrietarse ni se deben presentar fugas; no obstante, sí pueden sufrir deformaciones permanentes.

Por otro lado, la prueba de vuelco consiste en colocar los tanques en la posición en que serían montados en los vehículos, y se les llena al 90% y al 30% de su capacidad con algún líquido no inflamable cuya densidad y viscosidad son similares a las del combustible. Luego se rota 90° y se mantiene así durante 5 minutos. Posteriormente se rota en la misma dirección 90°, y nuevamente se le deja descansar durante 5 minutos y después se devuelve a su posición inicial. Después se repite el proceso pero en la dirección contraria. Los tanques cumplirán satisfactoriamente los requerimientos si las fugas de combustible, si se producen, no superan los 30 g/min.

Por su parte, si los tanques de combustible están hechos de plástico, también deben ser sometidos a pruebas de resistencia a colisiones, de resistencia mecánica, de permeabilidad del combustible, de resistencia al combustible, de resistencia al fuego y de resistencia a altas temperaturas, para poder probar que son lo suficientemente seguros.

La prueba de resistencia a la colisión consiste en golpear el tanque (que está lleno con un fluido que tiene un punto de solidificación bajo) con un péndulo cuyo extremo tiene la forma de una pirámide y al momento de la colisión la energía del péndulo debe ser de 30 Nm. La prueba se debe realizar en los puntos donde se considera que el tanque es vulnerable a sufrir daños a causa de colisiones frontales o posteriores. Al final de la prueba no se deben presentar fugas.

Por otro lado, la prueba de resistencia mecánica consiste en someter los tanques a la prueba hidráulica descrita anteriormente.

En la prueba de permeabilidad del combustible se llena el tanque a la mitad de su capacidad con un combustible de prueba y se mantiene a una temperatura de 40°C, hasta que se vuelve constante la pérdida de peso del combustible a causa de la difusión. Luego se vuelve a llenar el tanque a la mitad de su capacidad y se mantiene bajo las mismas condiciones durante ocho semanas. Al final, se calcula la tasa de pérdida de peso del combustible a causa de la difusión, la cual no debe sobrepasar un valor de 20 g cada 24 horas. Si ese valor se excede, se vuelve a realizar la prueba pero con el tanque a 23°C, para lo cual se requiere que la tasa de pérdida de combustible no sobrepase los 10 g cada 24 horas.

La prueba de resistencia al combustible se basa en probar que éste no afecta negativamente las propiedades del material, por lo que después de realizarse la prueba de permeabilidad de combustible, el tanque debe ser sometido y cumplir satisfactoriamente con los requisitos de las pruebas de resistencia a colisiones y de resistencia mecánica.

En la prueba de resistencia al fuego se exponen los tanques cargados con combustible a exposición directa e indirecta al fuego, simulando las condiciones bajo las que estarían montados dentro de un vehículo. Al final de la prueba no deben presentarse fugas.

Por último, se realiza una prueba de resistencia a altas temperaturas, en la cual se llenan los tanques con agua y se calientan hasta que alcancen una temperatura de 95°C. Si al final de la prueba no se presentan fugas, entonces los tanques satisfarán los requisitos.

Por otro lado, análogamente al FMVSS 301, esta regulación también contempla el aspecto de la prevención del riesgo de incendios en el caso de una colisión, por lo que se llevan a cabo pruebas de impacto frontal, posterior y lateral, utilizando tanques de combustible plásticos o metálicos. La prueba de impacto frontal es muy parecida a la mencionada en el FMVSS 301 pero con ciertas variaciones en cuanto al rango de velocidad. Por el contrario, la prueba de colisión trasera difiere con respecto a la estipulada en el FMVSS 301 en que se puede utilizar una barrera rígida móvil montada en un carrillo o un péndulo rígido para producir el impacto, en que el impacto se da a todo lo ancho del vehículo (no de forma descentrada como se muestra en la Ilustración 2-69), y en que la velocidad de impacto debe estar comprendida entre el rango de 35 a 38 km/h. Por último, la colisión lateral se lleva a cabo

de acuerdo con el procedimiento descrito en la regulación vehicular ECE 95. Al final de las pruebas de impacto, el total de los caudales de las fugas que se producen no debe sobrepasar los 30 g/min y no debe incendiarse el combustible.

ECE 36 (Requerimientos constructivos generales de los vehículos grandes de transporte público)

Esta regulación aplica a los vehículos de pasajeros que tienen una capacidad de transportar a más de 22 personas y al conductor, cuyo ancho es mayor a 2.3 m, los cuales pueden ser unitarios o articulados. Son muchos los requerimientos constructivos que deben cumplir los vehículos grandes para el transporte público, tales como: las busetas, autobuses y autobuses articulados, pero aquí solo se mencionarán algunos de ellos y las pruebas que se deben realizar para verificarlos.

Algunos de esos requisitos se exigen a fin de reducir la probabilidad de que se produzcan incendios. Entre los requisitos para la prevención del riesgo de incendios se tiene que los tanques de gasolina de los vehículos grandes de transporte público deben ser sometidos a la prueba hidráulica mencionada en la regulación vehicular ECE 34, a fin de corroborar que no se produzcan fugas o daños graves en él. Además, no se pueden colocar materiales inflamables a una distancia menor a 10 cm desde alguna fuente de calor, a menos que el material sea adecuadamente protegido.

Por otro lado, los vehículos grandes para el transporte público deben contar con suficientes puertas de servicio, salidas de emergencia y escotillas de emergencia para facilitar la movilidad de las personas bajo condiciones normales y cuando está ocurriendo una situación riesgosa. La cantidad de puertas de servicio, salidas de emergencia y escotillas de emergencia que deben tener estos vehículos depende del número de pasajeros que pueden transportar y del tipo de vehículo. En las tablas 4-17, 4-18 y 4-19 se muestran las cantidades de cada una de ellas.

Tabla 4-17. Cantidad de puertas de servicio que deben tener los vehículos grandes para el transporte público

Número de pasajeros	Cantidad de puertas de servicio		
	*Clase I	**Clase II	***Clase III
23-45	1	1	1
46-70	2	1	1
71-100	3	2	1
> 100	4	3	1

* Los vehículos de la clase I son los vehículos construidos con áreas para que algunos pasajeros viajen de pie, para permitir un flujo frecuente de pasajeros.

** Los vehículos clase II son vehículos construidos principalmente para transportar pasajeros sentados, pero que también poseen pasillos para que puedan viajar pasajeros de pie o en áreas especiales para que las personas permanezcan de pie, pero que su extensión no es mayor al espacio que ocuparían dos sillas.

*** Los vehículos clase III permiten el transporte de pasajeros sentados solamente.

"From regulation No. 36: Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-18. Cantidad mínima de salidas de emergencia que deben tener los vehículos grandes para el transporte público

Número de pasajeros	Mínima cantidad de salidas de emergencia
23-30	4
31-45	5
46-60	6
61-75	7
76-90	8
> 90	9

"From regulation No. 36: Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-19. Cantidad mínima de escotillas de vehículos grandes para el transporte público

Número de pasajeros	Mínima cantidad de escotillas de emergencia
≤ 50	1
> 50	2

"Modified from regulation No. 36: Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

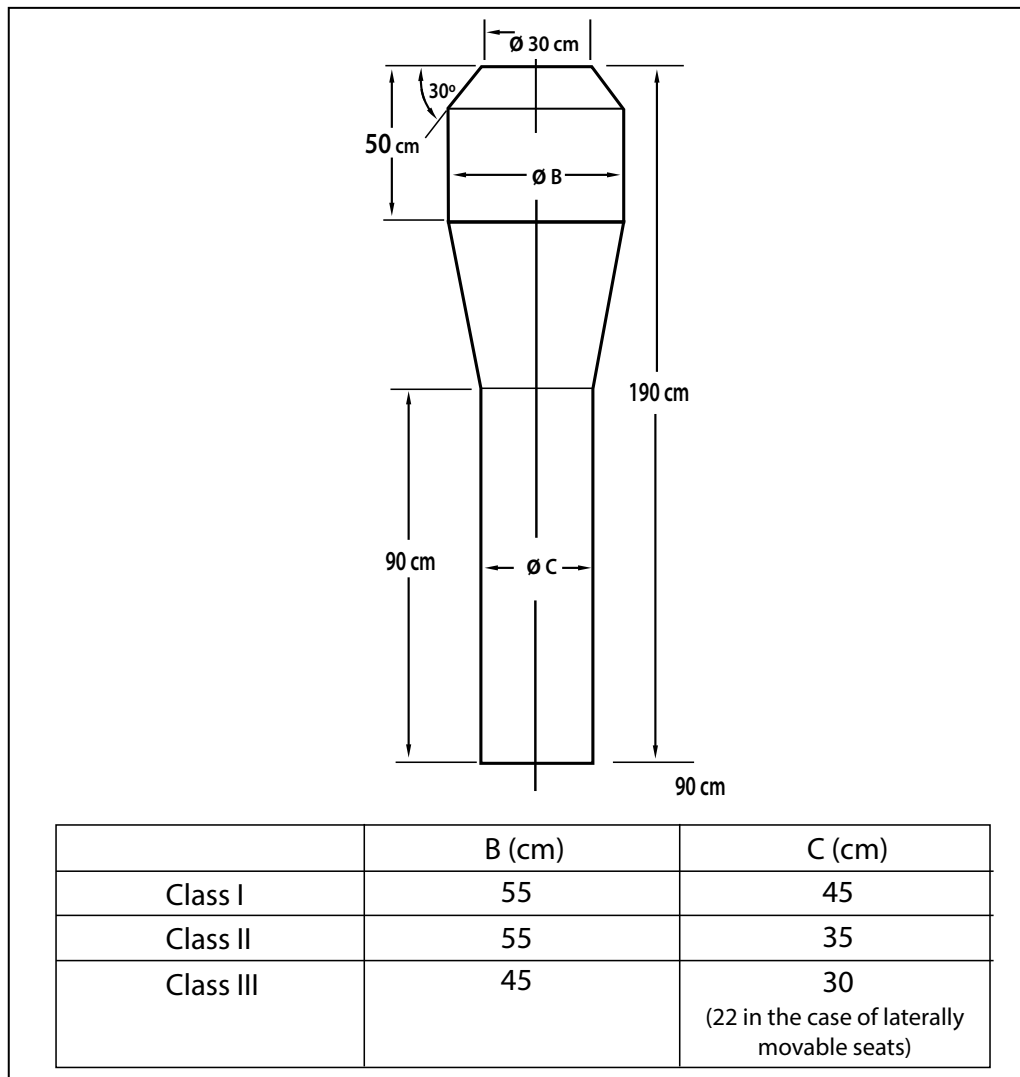
Las puertas de servicio también deben cumplir con ciertos requerimientos constructivos. Por ejemplo, todas las puertas de servicio que se abren hacia el interior deben estar diseñadas de forma que al moverse no puedan herir a algún pasajero bajo condiciones normales de uso.

Si las puertas de servicio se cierran automáticamente, se debe probar que no lo hacen muy duro para evitar que perjudiquen a algún pasajero y en caso de que el sistema detecte que hay una obstrucción, la puerta se debe abrir por completo de forma automática. Para probar esto se utiliza una celda de carga cilíndrica y se coloca de forma que obstaculice la acción de cerrado de la puerta, permitiendo así medir la fuerza con que la puerta la presiona. Entonces, si se puede detener la acción de cerrado de la puerta con una fuerza que no supera los 150 N, excepto por un periodo muy corto de tiempo, la puerta satisfará el requerimiento. Además, si una puerta atrapa la muñeca o un dedo de un pasajero, la puerta debe permitir que el pasajero pueda retirarlos fácilmente sin que se le produzcan heridas, lo cual se corrobora simplemente atravesando una barra cuando la puerta se está cerrando. Por lo tanto, si la barra es prensada, pero se puede sacar fácilmente, entonces el diseño de la puerta se considera adecuado.

También se cubren aspectos dimensionales de los vehículos grandes para el transporte público. Entre ellos se indica el alto y ancho de los pasillos, las dimensiones de las sillas y la separación que debe haber entre sillas consecutivas, la separación entre las sillas y algunos otros elementos como las particiones, las salidas de emergencia, entre otros. Entonces, para corroborar ciertas dimensiones se utilizan algunos instrumentos especiales. Como por ejemplo, para corroborar el alto y el ancho de los pasillos se traslada un objeto con la forma mostrada en la Ilustración 4-29, por el pasillo siguiendo el movimiento más probable que haría una persona para llegar a la puerta de servicio.

Por su parte, los vehículos grandes para el transporte público deben tener una adecuada maniobrabilidad. Esto significa que deben ser capaces de ser maniobrados dentro de un círculo de 12.5 m de radio sin que las partes más alejadas se proyecten fuera de esa circunferencia, cuando circula en una pista cuyo ancho es de 7.2 m, como se aprecia en la Ilustración 4-30.

Ilustración 4-29. Objeto utilizado para evaluar el espacio de los pasillos

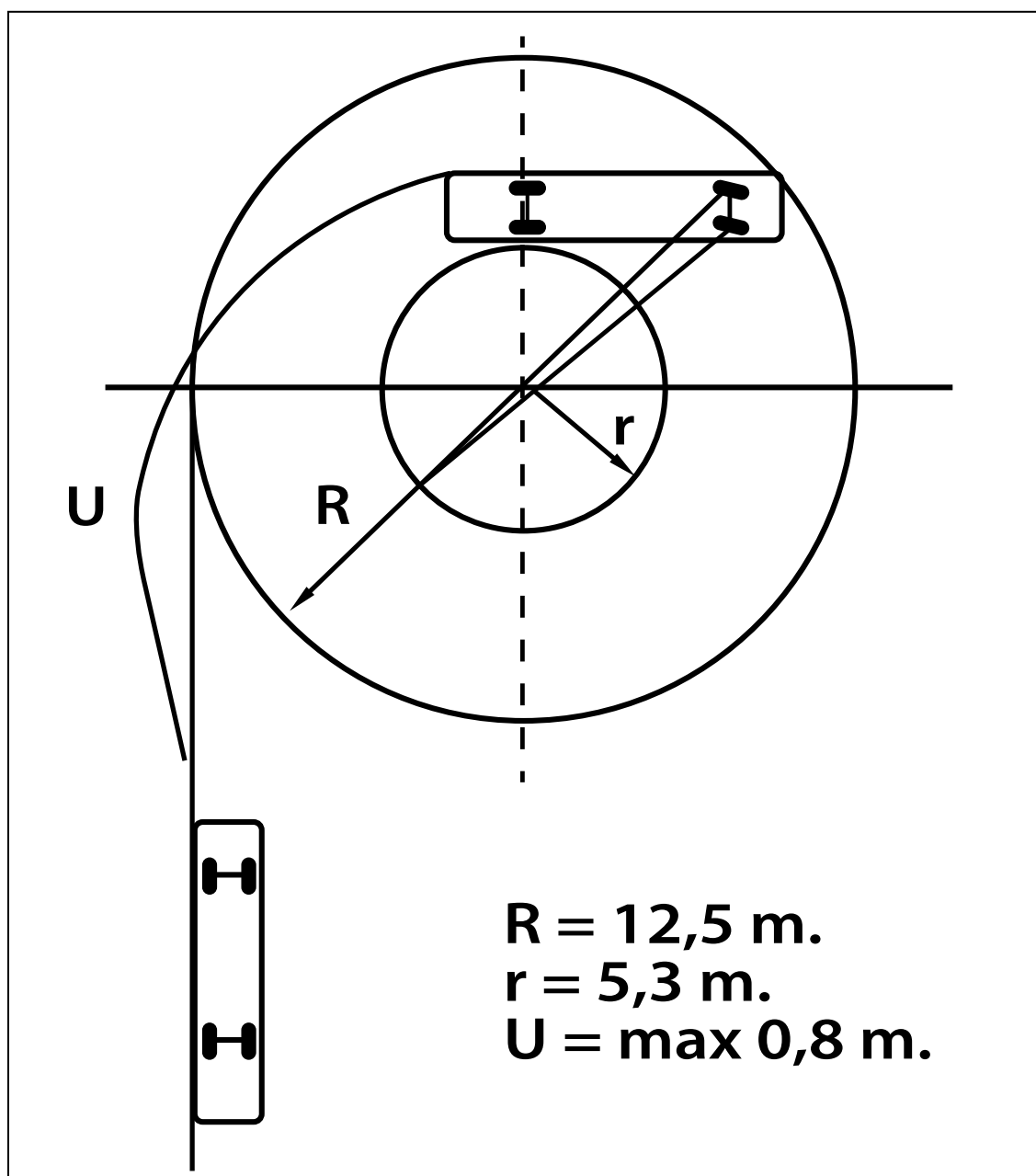


Al trasladar un objeto con la forma mostrada arriba por los pasillos hasta alcanzar la puerta de servicio, se puede evaluar si el espacio que proveen los pasillos es adecuado.

"From regulation No. 36: Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los vehículos grandes de transporte público que están hechos para que algunas personas puedan viajar de pie deben contar con suficientes agarraderas o barras para que las personas se sujeten. Para probar ello también se utiliza un instrumento especial que permite determinar si las facilidades para los pasajeros que viajan de pie son suficientes. Por lo tanto, si con el instrumento (ver Ilustración 4-31) se determina que por cada posición del autobús hecha para que las personas viajen de pie se pueden alcanzar al menos dos agarraderas o barras, entonces el vehículo cumplirá con el requerimiento.

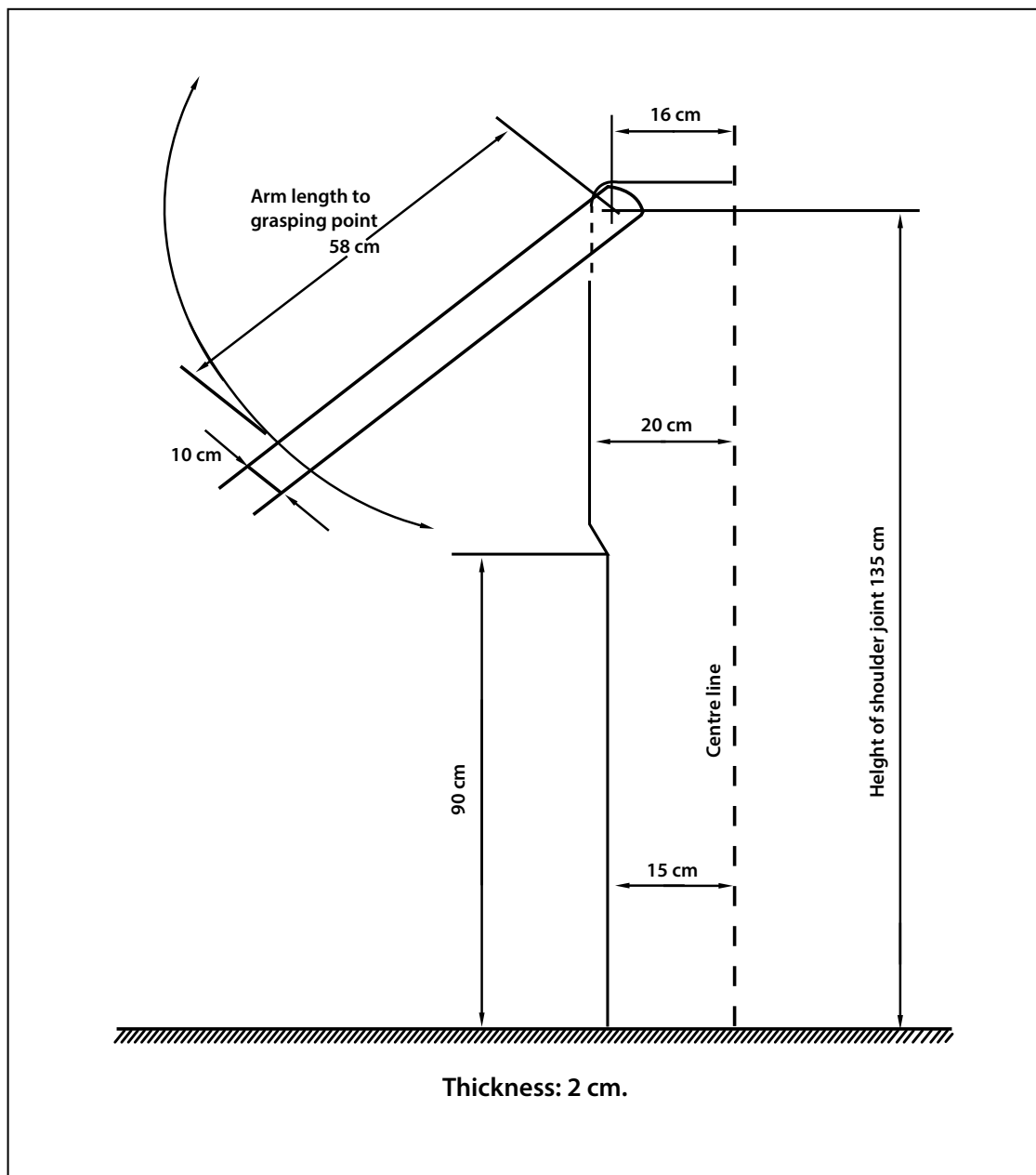
Ilustración 4-30. Maniobrabilidad de los vehículos grandes de transporte público



En la figura se muestra la trayectoria circular que se debe poder seguir en un vehículo de pasajeros unitario para probar que tiene una adecuada maniobrabilidad, donde el radio del círculo externo es de 15.m, mientras que el ancho de la pista es de 7.5 m.

"From regulation No. 36: Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-31. Instrumento utilizado para determinar si los vehículos grandes de transporte público poseen suficientes agarraderas o barras



Este instrumento consta de un brazo articulado, que simula la extensión del brazo de una persona que viaja de pie, lo cual permite determinar si se pueden alcanzar las agarraderas o las barras.

"From regulation No. 36: Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 39 (Velocímetro)

En esta regulación se dan los requerimientos de los velocímetros de de los vehículos de las categorías L, M y N.

Los velocímetros deben indicar los valores de la velocidad con incrementos de 20 km/h cuando la máxima velocidad del vehículo es menor a 200 km/h, e incrementos de 30 km/h cuando la velocidad máxima es mayor a 200 km/h. No obstante, los velocímetros de los vehículos L_1 y L_2 deben tener incrementos de 10 km/h y la velocidad máxima que indican no debe superar los 80 km/h. Más aún, si la velocidad es dada en millas/h, el velocímetro también debe indicarla en km/h.

Los velocímetros son sometidos a pruebas para determinar su exactitud, pero la velocidad de prueba depende de la velocidad máxima que el vehículo puede desarrollar, como se muestra en la Tabla 4-20. Las pruebas se pueden realizar conduciendo los vehículos en una pista de pruebas o utilizando un dinamómetro.

Tabla 4-20. Velocidades de conducción para la corroboración de la exactitud de los velocímetros

Velocidad máxima de diseño del vehículo (km/h)	Velocidad de prueba (km/h)
$V_{max} \leq 45$	80% de V_{max}
$45 < V_{max} \leq 100$	40 km/h y 80% de V_{max} (si la velocidad resultante es ≥ 55 km/h)
$100 < V_{max} \leq 150$	40 km/h, 80 km/h y 80% de V_{max} (si la velocidad resultante es ≥ 200 km/h)
$45 < V_{max} \leq 100$	40 km/h y 80% de V_{max} (si la velocidad resultante es ≥ 55 km/h)
$100 < V_{max} \leq 150$	40 km/h, 80 km/h y 80% de V_{max} (si la velocidad resultante es ≥ 200 km/h)
$150 < V_{max}$	40 km/h, 80 km/h y 120 km/h

"Modified from regulation No. 39: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the speedometer equipment including its installation, © 2003, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Para que los velocímetros cumplan con los requerimientos, la diferencia entre la velocidad mostrada por ellos y la velocidad del vehículo, medida por medio de otro instrumento cuya exactitud es de $\pm 0.5\%$, debe quedar dentro de los rangos mostrados en la Tabla 4-21.

Tabla 4-21. Requerimientos de los velocímetros

Categoría vehicular	Requerimiento
M y N	$0 \leq (V_1 - V_2) \leq 0.1 V_2 + 6 \text{ km/h}$
L_3, L_4 y L_5	$0 \leq (V_1 - V_2) \leq 0.1 V_2 + 8 \text{ km/h}$
L_1 y L_2	$0 \leq (V_1 - V_2) \leq 0.1 V_2 + 4 \text{ km/h}$

Elaboración propia. Con base en la regulación vehicular N°39 de la ECE.

V_1 = es la velocidad indicada en el velocímetro.

V_2 = es la velocidad del vehículo medida por medio de otro instrumento.

ECE 42 (Parachoques delantero y trasero)

Esta regulación se aplica a los parachoques frontal y trasero de los vehículos de la categoría M_1 .

Para probar que los parachoques cumplen con lo requerido, se realizan las pruebas de impacto frontal y de impacto en las esquinas, de forma similar a la mencionada en el estándar estadounidense; no obstante, no se lleva a cabo la prueba de impacto contra una barrera. Además, los requerimientos que deben cumplir los parachoques también son similares a los del estándar estadounidense.

ECE 43 (Materiales vítreos de seguridad)

Esta regulación se aplica a los materiales vítreos que se utilizan para hacer los parabrisas, las ventanas, las particiones o elementos similares de los vehículos de L, M, N, O y T, pero no incluye los materiales usados en las luces ni los vidrios blindados.

Los materiales vítreos utilizados para construir los parabrisas, las ventanas y las particiones, entre otros, deben tener la propiedad de que en caso de que se quiebren o que se resquebrajen se reduzca lo más que se pueda el riesgo de producir lesiones. Además, deben ser capaces de resistir incidentes que pueden ocurrir cuando se está conduciendo en un tráfico normal, a las condiciones atmosféricas y de temperatura, a la exposición a químicos, a la combustión y a la abrasión.

También estos materiales deben permitir a los conductores tener una buena visibilidad. Por lo tanto, deben ser suficientemente transparentes, no deben distorsionar las imágenes que se ven a través de ellos, no deben provocar confusión de los colores de las señales de tránsito y de otros elementos viales y en caso de que se resquebrajen, deben permitirle al conductor tener una visibilidad suficiente para que éste pueda detener el vehículo de forma segura.

A causa de que estos materiales deben presentar las características descritas anteriormente, estos deben ser sometidos a varios tipos de pruebas para corroborar que son adecuados para ser usados en tales componentes. Es por eso que son sometidos a pruebas de fragmentación, de resistencia mecánica, de resistencia al ambiente, de cualidades ópticas, de resistencia al fuego, de resistencia a químicos, de flexibilidad y capacidad de ser doblados.

Prueba de fragmentación

Esta prueba se realiza con el fin de verificar que los trozos del material, en caso de que se rompa o que se resquebraje, presentan ciertas características que reduzcan la posibilidad de producir heridas. También tiene el objetivo de corroborar que provean una adecuada visibilidad después del resquebrajamiento del parabrisas.

Esta prueba consiste en golpear el material con un martillo de 75 g, para luego examinar los trozos del material. No obstante, los requerimientos de los trozos del material dependen de la zona que se desea estudiar. Es por eso que se define una zona de periferia, una zona de visibilidad y una zona intermedia, las cuales son sometidas a impactos en diversos puntos, para luego realizar los análisis correspondientes. Por ejemplo, al estudiar la zona de visibilidad, después del impacto la visibilidad debe ser de al menos 10% del área de dicha zona, no deben haber fragmentos con un área mayor a 16 cm², los fragmentos deben ser bastante regulares y no deben presentar una elongación de más de 10 cm de largo, entre otros requerimientos.

Prueba de resistencia mecánica

Para probar la resistencia mecánica de estos materiales se llevan a cabo dos pruebas de impacto. En la primera se utilizan bolas para impactar al material con el fin de evaluar la adhesión en la capa intermedia del material y para determinar su resistencia a la penetración. En la segunda se utiliza una horma de cabeza con el fin de verificar que no se pueden producir heridas en caso de que una cabeza humana colisione contra ellos.

Debido a que se pueden utilizar diversos materiales para construir los parabrisas, las ventanas y otros componentes, los requerimientos y las pruebas pueden variar para cada material y cada componente específico, por lo que principalmente se tomarán como ejemplo los parabrisas hechos de un vidrio laminado ordinario, a fin de describir las pruebas y mencionar algunos requerimientos.

En la prueba de impacto con bolas se utilizan esferas con distintas características para demostrar diversos objetivos. En una de las pruebas se golpea una muestra del material con una bola de acero de 227 g y con un diámetro de 38 mm. La prueba se realiza a dos temperaturas distintas y consiste en dejar caer libremente la bola o en impulsarla por medio de algún mecanismo que permita dar una velocidad de colisión equivalente a la caída libre, pero la altura depende del espesor de la muestra y de la temperatura, como se aprecia en la Tabla 4-22. Entonces, si la bola no traspasa el parabrisas, si la muestra no se rompe en varios pedazos, si las capas internas no se quiebran y si el peso de los fragmentos no sobrepasa el máximo mostrado en la Tabla 4-22, entonces el material del parabrisas cumplirá con lo requerido.

Tabla 4-22. Prueba de impacto con una bola de 227 g en un parabrisas de vidrio laminado ordinario

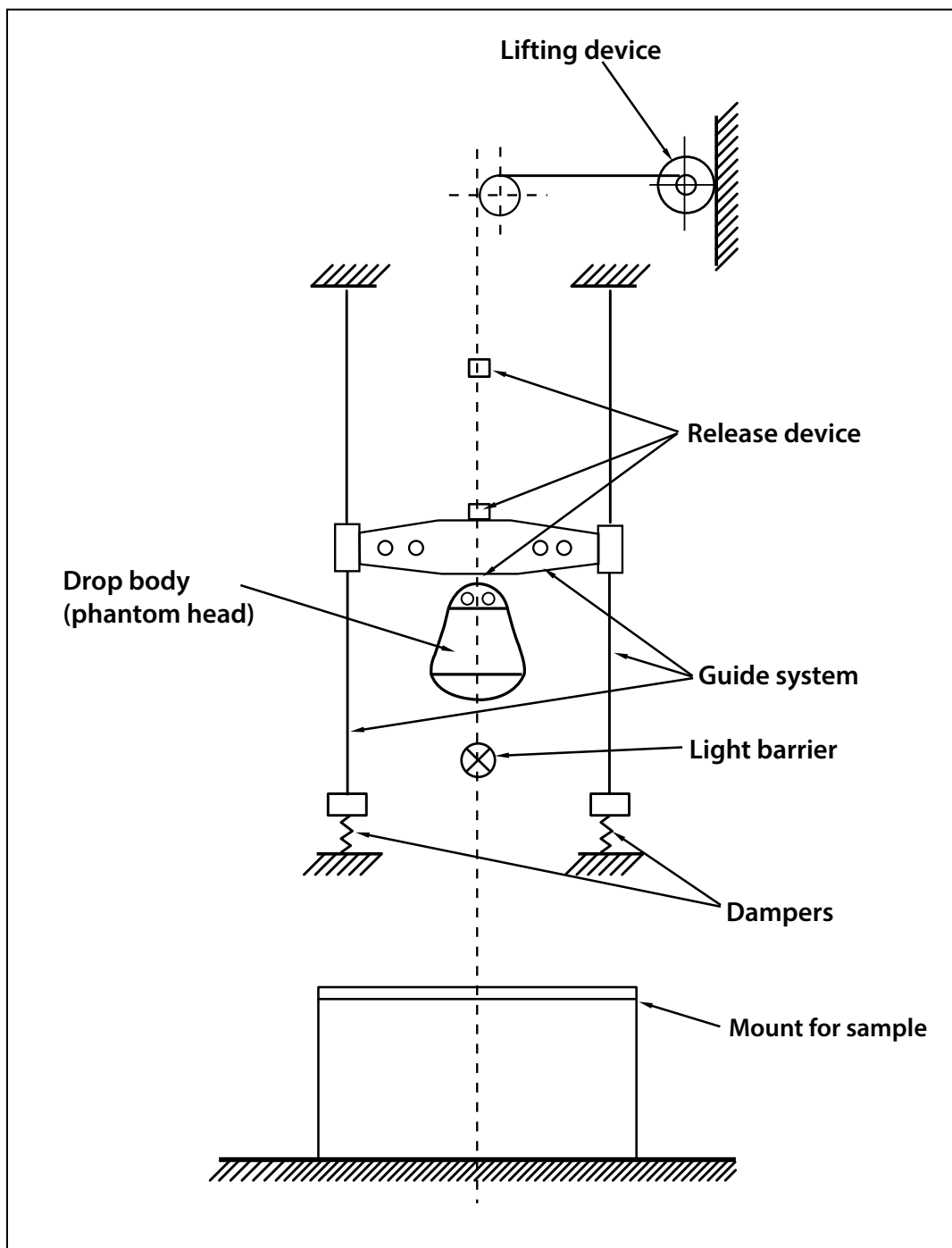
Espesor de la muestra (mm)	40°C		-20°C	
	Altura de la caída (m)	Masa máxima permitida de los fragmentos (g)	Altura de la caída (m)	Masa máxima permitida de los fragmentos (g)
$e \leq 4.5$	9	12	8.5	12
$4.5 < e \leq 5.5$	10	15	9	15
$5.5 < e \leq 6.5$	11	20	9.5	20
$e > 6.5$	12	25	10	25

"From regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles, © 2004, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En la otra prueba de impacto con una bola, se deja caer una bola de acero de 2,260 g con un diámetro de 82 mm, desde una altura de 4 m o se le impulsa para dar un impacto con una velocidad equivalente a la que resultaría de tal caída libre. Si la bola no atraviesa el parabrisas 5 segundos después de darse el impacto, entonces el material se considera lo suficientemente resistente.

Por otro lado, la prueba de impacto con un objeto en forma de cabeza se puede realizar por medio de dos modalidades. En una modalidad no se mide la aceleración y en la otra sí, y se utiliza la una o la otra en función de los requerimientos del material a estudiar y de su aplicación. Para ambas modalidades la prueba simplemente consiste en dejar caer una horma de cabeza, con un peso de 10 kg sobre un elemento o una muestra del material, tal y como lo muestra la Ilustración 4-32. Siguiendo el ejemplo de las pruebas y los requerimientos aplicados a los parabrisas hechos de vidrio laminado ordinario, la cabeza se deja caer desde una altura de 1.5 m (cuando se prueba un parabrisas completo), o se le impulsa para obtener un impacto a una velocidad equivalente, pero se aplica solo la modalidad en la que no se lleva a cabo la medición de la aceleración. Entonces, el parabrisas será considerado lo suficientemente seguro si las grietas cerca del punto de impacto no miden más de 80 mm de longitud y si las capas de vidrio que se ubican en un círculo de 60 mm de diámetro, centrado en el punto de impacto permanecen adheridas a la capa plástica interna, entre otros requisitos.

Ilustración 4-32. Prueba de impacto con una horma de cabeza



En esta imagen se muestra un esquema del equipo que puede ser utilizado para realizar las pruebas de impacto con un objeto en forma de cabeza, aplicada a los materiales vítreos de seguridad. Aquí la cabeza es sujeta a una viga transversal desde la cual se la puede dejar caer libremente sobre la muestra del material o el objeto que va a ser sometido a prueba.

"From regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles, © 2004, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En otros materiales y componentes puede resultar más útil utilizar la modalidad en la que se mide la aceleración de la horma de cabeza. Tal es el caso de algunos componentes, siempre y cuando no sean parabrisas, hechos de un material de plástico rígido. En esta modalidad se utiliza una horma de cabeza que en su interior posee unos dispositivos que permiten medir la aceleración en diversas direcciones, con lo que se puede determinar la curva de la aceleración resultante, a partir de la cual se puede estimar el HIC, valor utilizado para determinar qué tan seguros pueden resultar ciertos elementos para las personas. Como por ejemplo, a los elementos (que no son los parabrisas) hechos de un material plástico rígido se les considera que son lo suficientemente seguros si el HIC es menor a 1,000.

Pruebas de resistencia al ambiente

Son varias las pruebas de resistencia al ambiente que se aplican a los materiales vítreos de seguridad, pero no todas se aplican a todos los tipos de materiales. Tales pruebas son: la prueba de resistencia a la abrasión, a altas temperaturas, a la radiación, a la intemperie, a la humedad, a cambios de temperatura y a una prueba de corte cruzado.

- **Prueba de resistencia a la abrasión:** esta prueba se realiza con el fin de determinar si los materiales vítreos de seguridad presentan una resistencia a la abrasión que excede un valor específico. Ella consiste en someter las muestras del material a abrasión, para luego realizar mediciones de la dispersión de la luz a través de él. Las mediciones de la dispersión de la luz se utilizan a su vez para calcular el porcentaje de opacidad que obtuvo el material después de haberlo sometido a la abrasión. Por ejemplo, si la dispersión de la luz que pasa a través de un vidrio laminado ordinario, utilizado para hacer parabrisas, no supera un 2%, entonces el material cumple con lo requerido.
- **Prueba de resistencia a altas temperaturas:** ésta se lleva a cabo para verificar que no surjan burbujas u otros defectos en la capa interna de algunos materiales como el vidrio laminado y el plástico cristalino, a causa de la exposición a altas temperaturas. Para probar esto se someten muestras de los materiales a un ambiente a 100 °C. Si no se forman burbujas u otros defectos a 15 mm desde algún límite no cortado, a 25 mm de algún límite cortado²⁰, ni a 10 mm de cualquier grieta que pueda surgir, el material será considerado satisfactorio.
- **Prueba de resistencia a la radiación:** el objetivo de esta prueba es determinar la diferencia porcentual de la capacidad de transmitir luz de los materiales antes y después de haberlos sometido a la radiación. La idea es simular la radiación que el sol produce en la capa intermedia²¹ de algunos materiales vítreos de seguridad, para lo cual se someten las muestras a 100 horas de exposición una radiación de 1,400 W/m². El material cumplirá con los requerimientos si la transmisibilidad de la luz no cae a menos de un 95% del valor original, y en ningún caso se reduce a menos de un 70% en los materiales usados en las ventanas y parabrisas.

²⁰ Un límite cortado es el límite por donde pasó el elemento de corte, utilizado para obtener una muestra del material.

²¹ La capa intermedia es un material que se utiliza para unir las capas que componen los cristales laminados

- **Prueba de exposición a la intemperie:** en esta prueba se someten los materiales a dos ciclos de exposición a la luz en condiciones secas, con una duración de 102 minutos, y después a 18 minutos de exposición a la luz bajo condiciones húmedas. El material satisfará los requerimientos si la transmisibilidad de la luz no se reduce en más de un 5% de su valor antes de la exposición, ni su valor es menor al 70% de la transmisibilidad inicial de los parabrisas y ventanas colocadas en la posición en que irían montados en los vehículos.
- **Prueba de resistencia a la humedad:** para probar la resistencia a la humedad, se colocan verticalmente algunas muestras de los materiales en un contenedor a una temperatura de 50°C y con una humedad relativa del 95%. Si al cabo de dos semanas no se observan cambios significativos a 10 mm de los bordes no cortados ni a 15 mm de los bordes cortados, entonces los materiales cumplen con los requerimientos.
- **Prueba de resistencia a los cambios de temperatura:** en ésta se exponen las muestras a un ambiente a -40 °C, luego a un ambiente a 23 °C, posteriormente a un ambiente a 72 °C y de nuevo a un ambiente a 23 °C. Si al finalizar la prueba no se presentan grietas, separación de capas u otros signos de deterioro, se considera que el material tiene una adecuada resistencia a los cambios de temperatura.
- **Prueba de corte cruzado:** ésta se lleva a cabo con el fin de determinar si los recubrimientos resistentes a la abrasión de los plásticos cristalinos tienen suficiente adherencia. En ella se corta la muestra haciendo una cuadrícula de 25 cuadros. Luego se cepillan las muestras cinco veces en ambas direcciones diagonales, aplicando una presión ligera. Después se utiliza una lupa para examinar los cortes y si se observa la separación de pequeños fragmentos en los vértices de los cortes, pero el área expuesta no es mayor al 5% del área de la cuadrícula, se considera que el recubrimiento es adecuado.

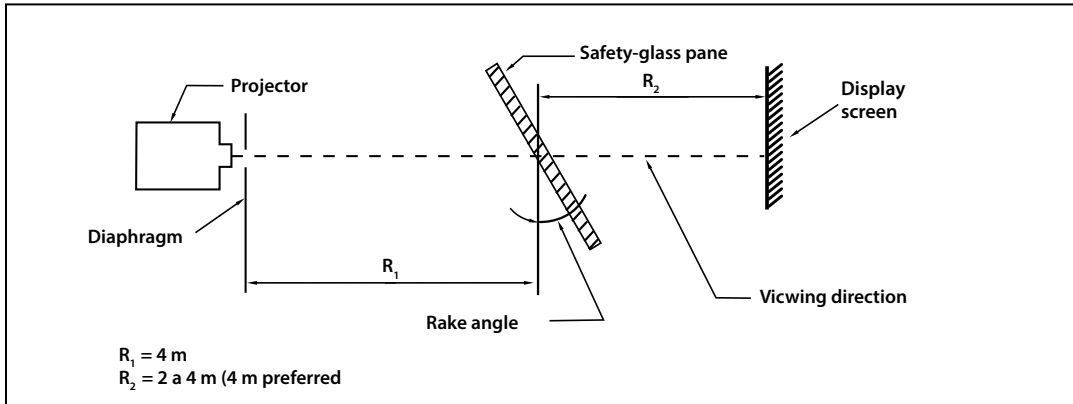
Pruebas de las cualidades ópticas

Los materiales vítreos de seguridad son sometidos a pruebas de transmisión de la luz, de distorsión óptica, de separación de imágenes secundarias y de identificación de los colores, con el fin de corroborar sus cualidades ópticas.

- **Prueba de transmisión de la luz:** esta prueba se realiza para determinar si la transmisión de la luz de algunos elementos excede un valor específico. La transmisión de la luz se mide por medio de un receptor, colocando la muestra del material de forma que el ángulo de incidencia del haz de luz sea cercano a 0°. La cantidad de luz transmitida que se requiere depende del tipo de componente a evaluar, pero en el caso de los parabrisas ésta no debe ser menor al 70%.
- **Prueba de distorsión óptica:** el objetivo de esta prueba es verificar si la distorsión de las imágenes vistas a través del parabrisas puede ocasionar que los conductores se confundan. Ella consiste en determinar la distorsión que sufre una imagen al ser proyectada en una pantalla a través del parabrisas cuando éste está colocado en la misma posición en que

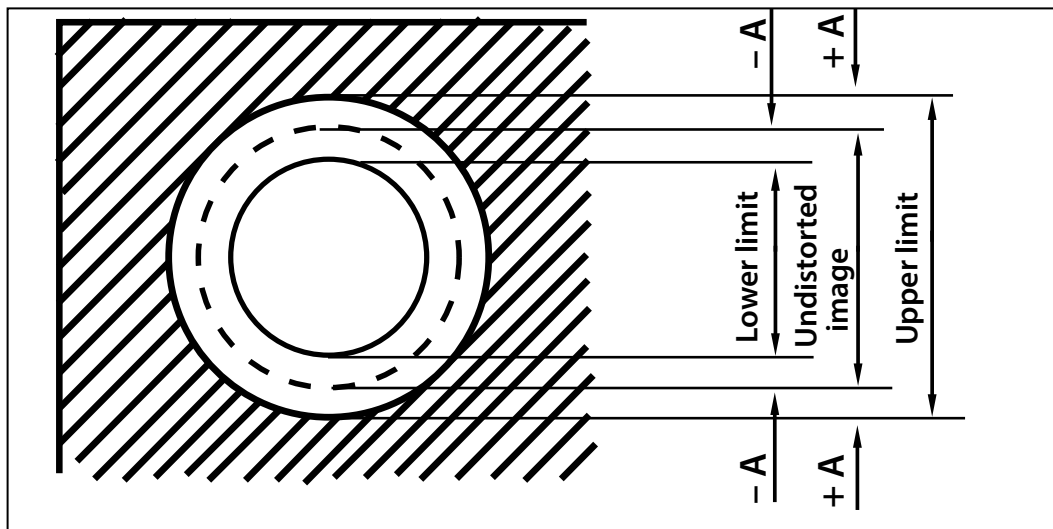
va montado en un vehículo, como se aprecia en las Ilustraciones 4-33 y 4-34. Entonces, los valores de la distorsión permitidos se especifican en términos de la medición de arcos circulares expresada en minutos ($'$). Los valores permitidos de la distorsión varían de acuerdo al tipo de vehículo y a la zona del parabrisas en la que se llevan a cabo las mediciones.

Ilustración 4-33. Prueba de la distorsión de imágenes



Para llevar a cabo la prueba de la distorsión, se proyecta un arreglo de círculos en una pantalla, pero pasándola a través del parabrisas cuando éste está colocado en la misma orientación en que va montado en el vehículo, lo cual permite determinar la distorsión de la imagen. "From regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles, © 2004, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-34. Medición de la distorsión de las imágenes

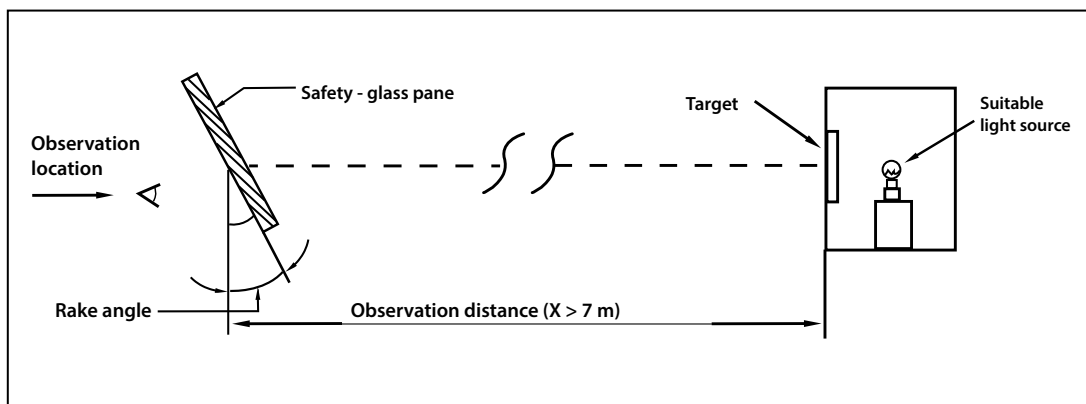


Sobreponiendo la proyección de una imagen sobre otra imagen que tiene las dimensiones originales se puede medir la distorsión ocasionada por el parabrisas. Aquí la circunferencia trazada con la línea discontinua representa la imagen no distorsionada y las otras circunferencias indican los límites superior e inferior.

"From regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles, © 2004, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

- **Prueba de la separación de imágenes secundarias:** ésta se lleva a cabo para determinar si la separación angular entre una imagen secundaria y una primaria no excede un valor máximo. La prueba se puede realizar por medio del método de la prueba del objetivo o por medio del método de la prueba de colimación telescópica. La prueba del objetivo consiste en observar a través del parabrisas una imagen emitida por una caja iluminada (ver Ilustración 4-35), a fin de detectar la presencia de imágenes secundarias que se puedan formar. En la prueba de la colimación telescópica, se utiliza un colimador²² para dirigir un haz de luz hacia un telescopio en cuyo plano focal se traza un punto obscuro (que se toma como imagen primaria) y que posee un sistema coordenado polar. Entonces si se coloca una muestra del material que genera una imagen secundaria, ésta se va a apreciar como un punto menos brillante a cierta distancia del centro del sistema coordenado polar, con el cual se puede medir la distancia entre el punto obscuro y la imagen secundaria, como se aprecia en la Ilustración 4-36. De igual manera a la prueba de la distorsión de la imagen, los valores permitidos de la separación entre la imagen primaria y secundaria se expresan en términos de arcos circulares medidos en minutos.

Ilustración 4-35. Prueba del objetivo para medir la separación de imágenes secundarias

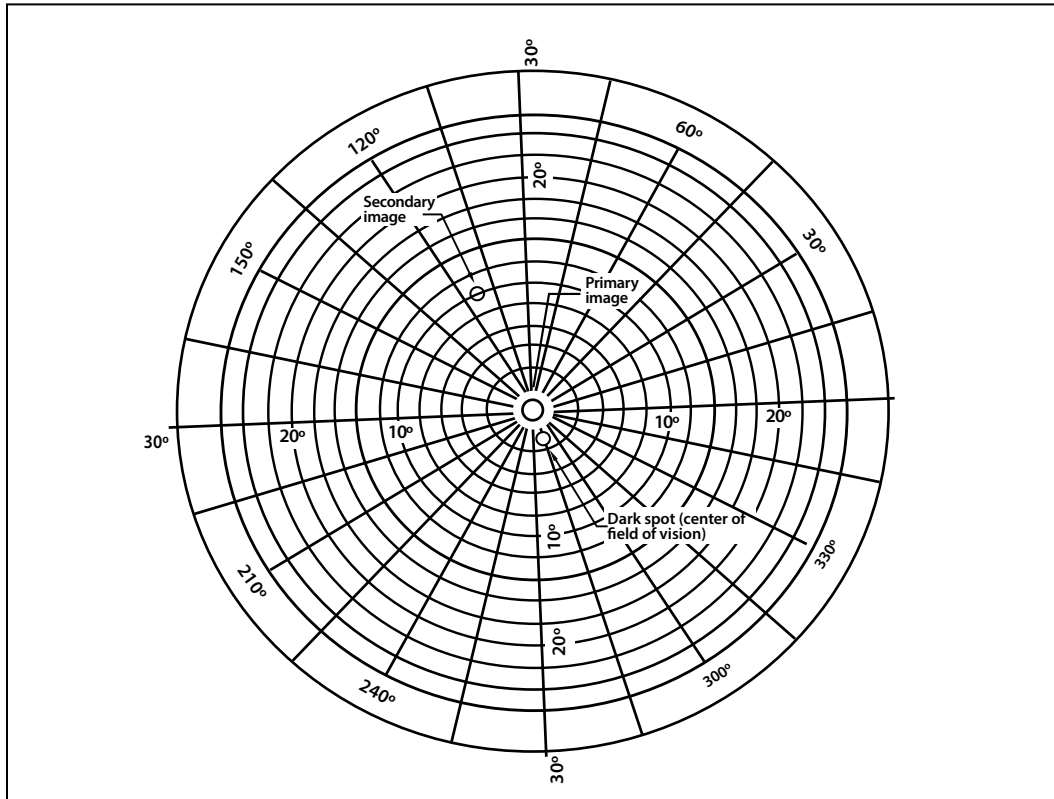


Esta prueba consiste en observar una imagen a través del parabrisas, indicado como el rectángulo colocado de forma oblicua a la izquierda de la figura. La imagen es producida por una caja con una fuente de emisión de luz, la cual está mostrada al lado derecho de la figura. Si se producen imágenes secundarias al observar la imagen primaria, que es la imagen producida por la caja, entonces se debe determinar la separación entre ambas.

"From regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles, © 2004, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

²² Un colimador es un dispositivo que reduce el ancho de un haz de luz para alinearlo de forma más precisa en una dirección o simplemente para reducir su área transversal.

Ilustración 4-36. Prueba de la colimación telescópica para medir la separación de imágenes secundarias



En esta prueba se mide la separación entre una imagen primaria y una imagen secundaria haciendo uso de un sistema coordenado que está en el plano focal de un telescopio. En el centro del campo de visión se coloca un punto oscuro que cumple la función de la imagen primaria. Si se produjera una imagen secundaria al proyectar un haz de luz dirigido por medio de un colimador a través del parabrisas, esta imagen secundaria aparece como un punto menos brillante en algún lugar del sistema coordenado.

"From regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles, © 2004, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

- **Prueba de la identificación de colores:** ésta se realiza con el objetivo de verificar que el material del parabrisas no puede ocasionar que los colores se confundan cuando son vistos a través de él. La prueba consiste simplemente en determinar si se pueden identificar los colores blanco, amarillo selectivo, rojo, verde, azul y ámbar, pero se realiza en aquellos parabrisas que poseen un polarizado en ciertas zonas específicas.

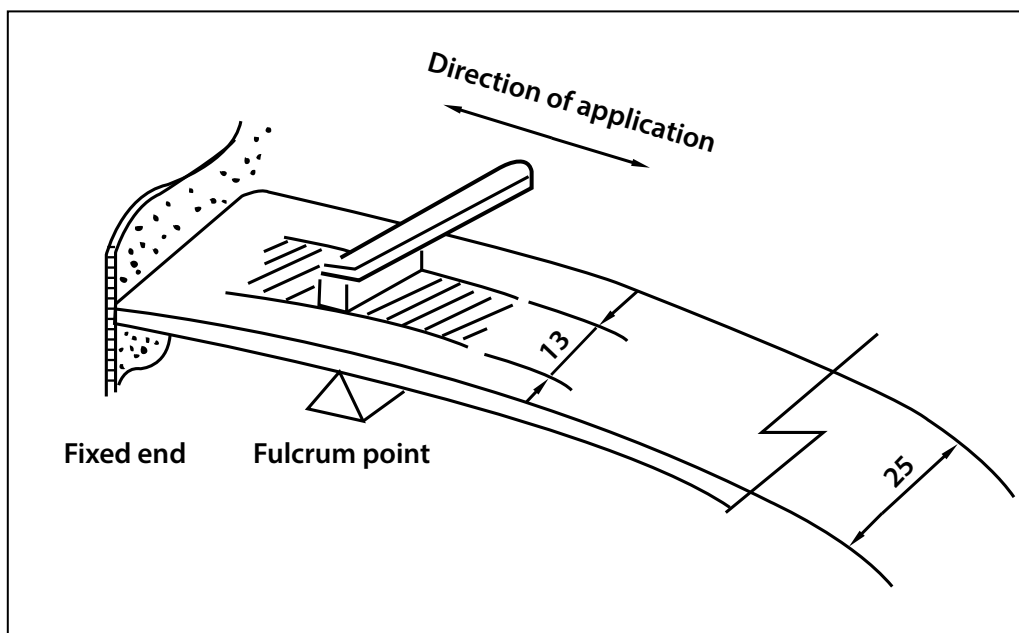
Prueba de resistencia al fuego

Esta prueba se realiza para determinar si los materiales vítreos de seguridad poseen una tasa de quemado lo suficientemente baja. Ella se aplica a los componentes hechos de plástico y consiste en colocar algunas muestras de los materiales en una cámara de combustión, de forma que se puede encender uno de los bordes de la muestra por medio de una llama. Luego se determina la tasa de propagación de la llama para ver que no sea muy baja. A modo de ejemplo, en el caso de las ventanas hechas de plástico, la tasa de propagación máxima permitida de la llama es de 250 mm/min.

Prueba de resistencia a químicos

Esta prueba se realiza con el fin de determinar si los materiales vítreos de seguridad son resistentes a ciertos químicos que comúnmente se utilizan en los vehículos, tales como los líquidos usados para limpiar los interiores. La prueba consiste en sumergir las muestras del material en diversos químicos, durante un minuto, para luego examinarlas.

Ilustración 4-37. Prueba de resistencia a los químicos bajo una carga



En la prueba de resistencia a los químicos bajo carga, la muestra se sujeta de forma fija en un extremo y se apoya sobre un soporte a 51 mm del extremo empotrado (lado izquierdo de la figura). En el extremo libre se coloca un peso que deflexa la muestra, produciendo un esfuerzo máximo de 6.9 MPa en las fibras en tensión. Entonces, en el sector apoyado se aplican los químicos para luego evaluar el efecto que ellos tienen sobre el material.

"From regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles, © 2004, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

También se realiza una prueba bajo carga, la cual consiste en colocar una muestra, empotrada en un extremo y apoyada sobre un soporte a 51 mm del extremo empotrado, como se aprecia en la Ilustración 4-37, y se le sujeta una carga en el extremo libre. Luego se aplican los químicos en el lugar donde se encuentra apoyada sobre el soporte. Si el material no sufre ablandamiento, no se vuelve pegajoso, no presenta agrietamiento, ni pérdida de transparencia al cabo de cualquiera de las dos pruebas, se considerará que él cumple con lo requerido.

Prueba de flexibilidad y de capacidad de ser doblado

Esta prueba se lleva a cabo con el fin de determinar si los plásticos cristalinos de seguridad son rígidos o flexibles. Para ello se coloca una muestra del material en voladizo, permitiendo que se deflexe a causa de su propio peso. Si al cabo de un minuto la deflexión máxima es superior a

50 mm, entonces el material será considerado como un plástico flexible. Después, los plásticos flexibles son sometidos a la prueba de la capacidad de doblarse, la cual consiste en doblar la muestra un ángulo de 180°, cubriendo una lámina metálica de 0.5 mm de espesor. Si luego de 10 segundos de haberlo doblado no se presentan fracturas o daños similares, se considera que el material cumple con los requerimientos.

ECE 44 y R129 (Dispositivos de retención infantil y dispositivos de retención infantil mejorados)

Estas regulaciones se aplican a los dispositivos de retención infantil diseñados para instalarse en las sillas de los vehículos, pero que no son sillas plegables o que no son sillas que van colocadas viendo hacia los lados.

Los dispositivos de retención infantil se dividen en sillas elevadoras, sillas de seguridad y portabebés y esos dispositivos se clasifican de acuerdo con la masa del ocupante para el cual fueron diseñados, como se muestra en la Tabla 4-23.

Esos dispositivos se someten a diversas pruebas para evaluar su desempeño, las cuales se dividen en dos categorías: las pruebas con los dispositivos colocados en las sillas de los vehículos y las pruebas de los elementos de los dispositivos de retención infantil.

Tabla 4-23. Clasificación de los dispositivos de retención infantil según su masa

Grupo	Masa (kg)
O	$m < 10$
O+	$m < 13$
I	$9 \leq m \leq 18$
II	$15 \leq m \leq 25$
III	$22 \leq m \leq 36$

Elaboración propia, con base en la regulación vehicular N°44 de la ECE.

ECE 44 (Sistemas de retención infantil)

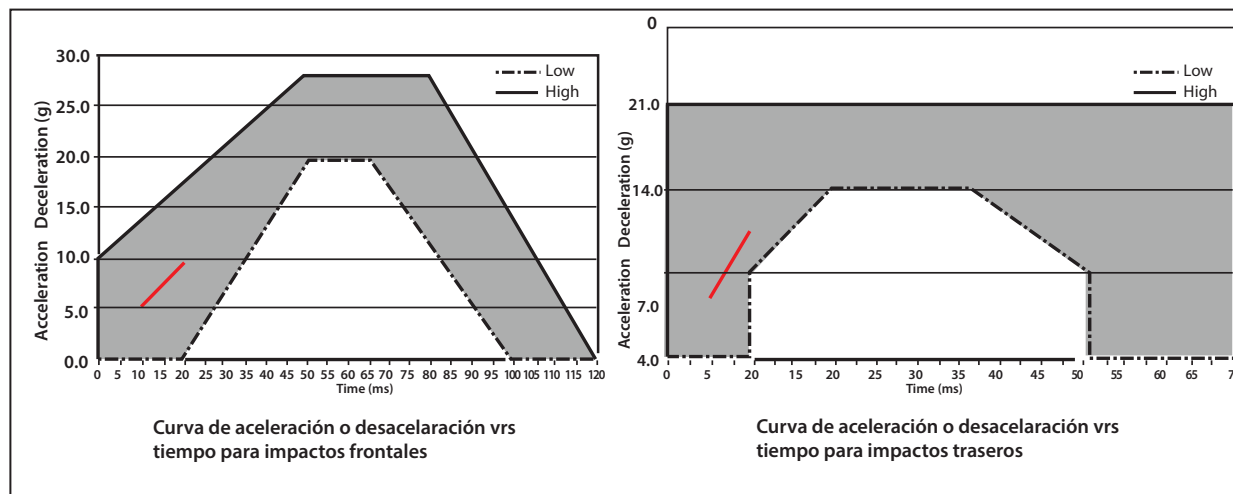
Entre las pruebas que se llevan a cabo con el dispositivo de retención infantil colocado en las sillas de los vehículos se encuentra la prueba de absorción de energía, la prueba de vuelco, pruebas dinámicas y pruebas de la capacidad de retención de las sillas elevadoras.

Los respaldares de los dispositivos de retención infantil deben ser sometidos a una prueba para determinar su capacidad de absorber energía. En esa prueba, desde una altura de 100 mm, se deja caer un objeto semiesférico sobre el área de impacto de la cabeza del respaldo, de manera que el impacto se dé de forma perpendicular al área. El objeto debe contar con un acelerómetro y tener una masa de 2.75 kg. El objetivo de la prueba es medir la aceleración que experimenta el instrumento al momento del impacto, aceleración cuyo valor pico debe ser menor a 60 G.

En la prueba de vuelco se sujeta el dispositivo de retención infantil en una silla y se coloca en él un maniquí. Luego se rota la silla en un ángulo de 540° a una velocidad angular de entre $2^\circ/\text{s}$ a $5^\circ/\text{s}$ y se detiene en esa posición, en la que el maniquí queda invertido. Estando el maniquí al revés, se aplica una fuerza equivalente a cuatro veces su propio peso y se mide el desplazamiento provocado por tal fuerza. Luego se repite el proceso en la dirección opuesta. Los resultados de la prueba serán satisfactorios si en ningún momento el maniquí es eyectado completamente, y si al aplicar la carga vertical cuando el maniquí está colocado al revés su cabeza no se desplaza más de 300 mm.

En la prueba dinámica se instala el dispositivo de retención en una plataforma para pruebas de impacto o en un vehículo completo; y dependiendo del tipo de estudio que se desea realizar, se coloca el dispositivo viendo hacia el frente, viendo hacia atrás y/o usando los anclajes especiales para sistemas de retención infantil. En esta prueba se evalúan tanto el impacto frontal como el trasero. En el impacto frontal el carrito debe experimentar un cambio de velocidad de 52 km/h mientras que en el impacto trasero el cambio de velocidad de 32 km/h; además, en ambos casos se debe procurar tener una curva de aceleración o desaceleración que quede dentro del área sombreada de la Ilustración 4-38 y manteniendo una aceleración que se encuentra por encima del segmento rojo. Los dispositivos de retención deben sostener el maniquí más pesado que represente el respectivo grupo de edad para el que fueron diseñados.

Ilustración 4-38. Curvas de aceleración para impactos frontales o traseros para las pruebas de los dispositivos de retención infantil.



"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Para realizar esas pruebas se debe contar con instrumentos para medir la velocidad justamente antes del momento del impacto, la distancia de frenado, el desplazamiento de la cabeza del maniquí en los planos horizontal y vertical, la desaceleración del pecho, signos visibles de penetración en el abdomen (excepto para maniquíes de recién nacidos) y la aceleración o desaceleración del carrito en al menos los primeros 300 ms. Si la prueba se realiza dentro de un vehículo completo, también se debe corroborar que la cabeza del maniquí no entre en contacto con ninguna parte del vehículo.

Después del impacto se revisan visualmente los dispositivos de retención infantil para determinar que no haya ocurrido ninguna falla o ruptura, ya que no se debe romper ninguna parte del dispositivo que

funcione para mantener al niño en su posición, mientras que las hebillas o los dispositivos de bloqueo no se deben abrir.

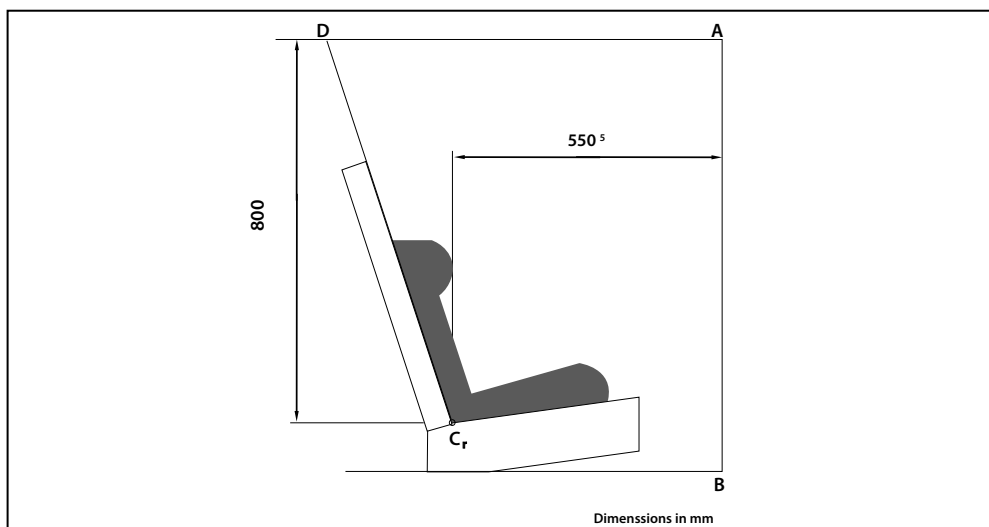
Otros parámetros que se usan para determinar si los dispositivos de retención infantil funcionan adecuadamente son la aceleración del pecho, la penetración abdominal y el desplazamiento del maniquí.

La medición de la aceleración del pecho se basa en determinar la aceleración resultante y el componente vertical de la aceleración. La aceleración resultante debe ser menor que 55 G, excepto para periodos que no excedan los 3 ms, mientras que el componente vertical de la aceleración debe ser menor o igual a 30 G. Cabe destacar que los requerimientos de la aceleración del pecho no se aplican a los recién nacidos.

Para estudiar la penetración abdominal se coloca dentro del maniquí de pruebas una masa para moldeado conectada a las vértebras lumbares en posición vertical. La muestra de la masa para moldeado debe ser de la misma longitud y ancho de la espina lumbar, con un grosor de 25 mm. Esto permite evaluar si los elementos de sujeción pueden o no producir penetraciones intestinales durante las pruebas, pero se debe tomar en cuenta que si se deflexa la masa para moldeado, eso no necesariamente significa que se produjo la penetración abdominal. El estudio de la penetración abdominal tampoco se realiza en los maniquíes que representan a los recién nacidos.

Por su parte, los estudios del desplazamiento de los maniquíes se basan en la medición del desplazamiento de la cabeza. Para ello se definen diversos planos que indican el movimiento máximo permitido de la cabeza y se observa si ésta en ningún momento cruza tales planos, pero la ubicación de los planos varía según el tipo de dispositivo. Por ejemplo, en la Ilustración 4-39, se muestra un esquema de un dispositivo de retención infantil que se coloca viendo hacia adelante y se indica la ubicación de los planos BA y DA que no deben ser traspasados por la cabeza del maniquí para aprobar el ensayo.

Ilustración 4-39. Planos que definen los límites del desplazamiento permitido de la cabeza en las pruebas de impacto de los dispositivos de retención infantil que se colocan viendo hacia adelante.



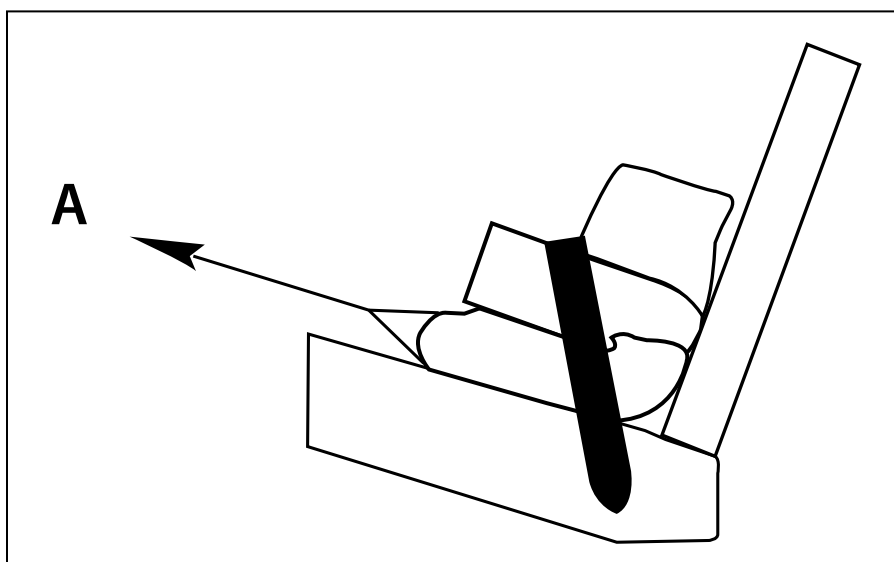
Los planos aquí indicados sirven para las sillas de seguridad o portabebés convertibles, pero no para las sillas elevadoras, en cuyo caso el plano DA se ubica a 840 mm.

"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

También se llevan a cabo pruebas para estudiar la capacidad de retención de las sillas elevadoras. Para ello se coloca una tela de algodón debajo de la silla elevadora y se coloca la parte baja del torso de un maniquí en ella, sujetando el conjunto por medio de un cinturón de tres puntos. Luego se aplica una fuerza de 250 N en la silla elevadora para tratar de moverla, como se aprecia en la Ilustración 4-40.

Las pruebas en los componentes individuales se realizan para comprobar la resistencia a la corrosión de los elementos que pueden estar propensos a ella y el funcionamiento, resistencia o desempeño de las hebillas, los ajustadores, los rebobinadores, las fajas, los dispositivos de bloqueo y de los sujetadores ISOFIX.

Ilustración 4-40. Prueba de retención de las sillas elevadoras



"Modified from regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En la prueba de corrosión se colocan los elementos metálicos en una cámara en la que se les rocía con una solución salina durante 50 horas a 35°C. Al finalizar el tiempo de exposición a la solución salina, el material no debe presentar rastros de deterioro que pueda degradar el funcionamiento del dispositivo y no debe haber corrosión significativa.

Además, varios de esos componentes son sometidos a una prueba de resistencia a los cambios de temperatura, la cual es una prueba complementaria a otros tipos de ensayos. Las hebillas, los rebobinadores, los ajustadores y los dispositivos de bloqueo que pueden ser afectados por la temperatura deben ser sometidos a dicha prueba. En ese ensayo se colocan los componentes sobre una superficie de agua, en un ambiente a 80°C por un periodo de al menos 24 horas. Luego se le deja enfriar en un ambiente a no más de 23°C. Posteriormente se somete a tres ciclos de 24 horas de duración con las siguientes variaciones de temperatura:

1. Se colocan las piezas en un ambiente a 100°C durante 6 horas. La temperatura debe ser alcanzada en no más de 80 min.
2. Se mantienen las muestras en un ambiente a 0°C durante 6 horas. La temperatura debe ser alcanzada en no más de 90 min.
3. Se mantienen las muestras en un ambiente a no más de 23°C durante el resto del periodo de 24 horas.

Hebillas

Las hebillas son sometidas a una prueba de apertura bajo una carga, una prueba de apertura bajo ninguna carga y a una prueba de resistencia.

La prueba de apertura bajo carga se lleva a cabo en las hebillas de los dispositivos de retención que previamente fueron sometidos a la prueba de impacto y consiste en aplicar una fuerza de tensión de 200 N en la hebilla. Luego se aplica una fuerza de apertura en el botón de la hebilla, procurando que el desplazamiento se dé a una razón de 400 mm/min. La fuerza utilizada para abrir la hebilla no debe ser mayor que 80 N para que el resultado se considere satisfactorio.

Por el contrario, la prueba de apertura sin ninguna carga se lleva a cabo en las hebillas de los dispositivos de retención que no han sido sometidos a pruebas dinámicas. El ensayo simplemente consiste en aplicar una fuerza de apertura sobre la hebilla procurando que el desplazamiento se de a una razón de 400 mm/min, con el objetivo de corroborar que se puede abrir la hebilla aplicando una fuerza cuya magnitud se encuentre entre el rango 40 – 80 N.

En la prueba de resistencia se coloca la hebilla junto con las fajas que se unen a ella y los respectivos ajustadores (siempre y cuando éstos no estén montados directamente en el dispositivo de retención), en un aparato que permite aplicar una fuerza vertical de manera que se tensen las fajas. El sistema conformado por la hebilla, las fajas y los ajustadores debe ser capaz de soportar una fuerza de 4,000 N, para los dispositivos de los niños de los grupos 0 o 0+, o de 10,000 N para los dispositivos de los niños de los grupos I o mayores.

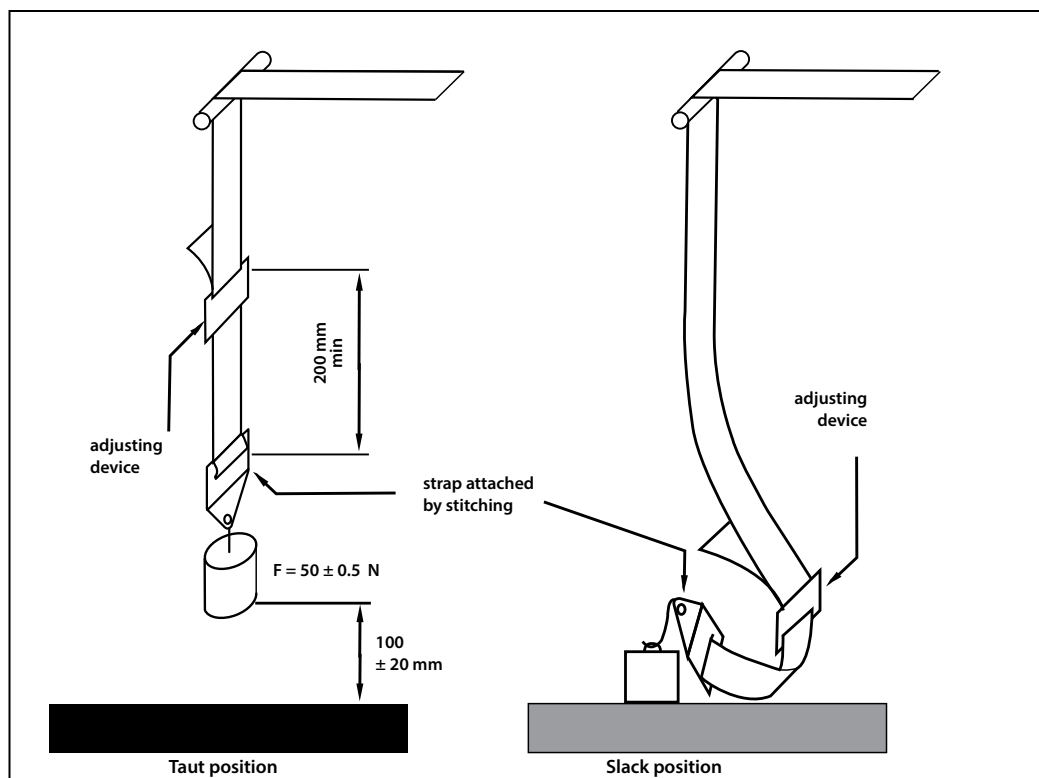
Ajustadores

Los ajustadores son sometidos a una prueba para corroborar qué tan fácilmente permiten ajustar la faja del dispositivo de retención infantil al tamaño de su ocupante. Para ello se aplica una fuerza en la faja, de manera que el desplazamiento se de a una razón de 100 mm/min, y cuando se han sacado 25 mm de la faja se mide la magnitud de la fuerza. La prueba se debe llevar a cabo en ambas direcciones de funcionamiento y la faja se debe someter a 10 ciclos de desplazamiento completo antes de llevarse a cabo la medición. Al final de la prueba, la fuerza requerida para poder operar el dispositivo no debe ser mayor que 50 N.

Luego, los ajustadores son sometidos a la prueba de temperatura descrita anteriormente. Al finalizar dicha prueba ellos no deben romperse ni separarse del ensamble.

Los ajustadores también son sometidos a una prueba de micro-deslizamiento. Esta prueba se lleva a cabo después de la prueba de resistencia a los cambios de temperatura y consiste en colocar los ajustadores en un cinturón con un extremo libre en el cual se aplica una fuerza vertical de 50 N. Luego se realizan 1,000 ciclos en los que se sube y se baja el peso de manera que se tense la correa y se afloje como lo muestra la Ilustración 4-41, ciclos que se deben realizar a una frecuencia de 30 ciclos/minuto. Al final de la prueba, el deslizamiento total de un ajustador no debe ser mayor que 25 mm o el deslizamiento total de todos los ajustadores (en el caso de que se coloquen varios en la misma correa) no debe superar 40 mm.

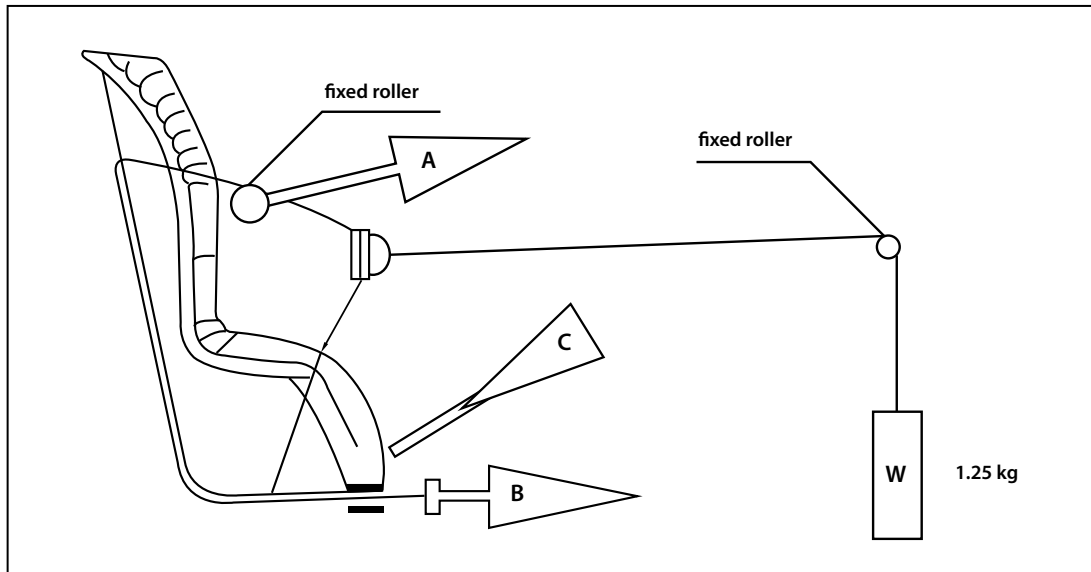
Ilustración 4-41. Prueba de micro-deslizamiento de los ajustadores de los cinturones de seguridad de los sistemas de retención infantil.



"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Por último, los ajustadores que están colocados directamente en los dispositivos de retención infantil deben ser sometidos a una prueba de durabilidad. Antes de llevar a cabo esa prueba se coloca el maniquí que representa al niño más grande para el que el dispositivo fue diseñado, de manera que se pueda identificar la ubicación en donde la parte que queda libre del cinturón entra en el ajustador para utilizar esa ubicación como punto de referencia. Luego se aplican 5,000 ciclos, a una frecuencia de 10 ciclos/minuto, en los que se estira la correa una distancia total de 150 mm a través del ajustador como lo muestra la Ilustración 4-42. El ajustador debe ser capaz de soportar el total de los ciclos. Cabe destacar que esta prueba se debe realizar antes de llevar a cabo las pruebas dinámicas.

Ilustración 4-42. Prueba de durabilidad de los ajustadores instalados directamente en los dispositivos de retención infantil

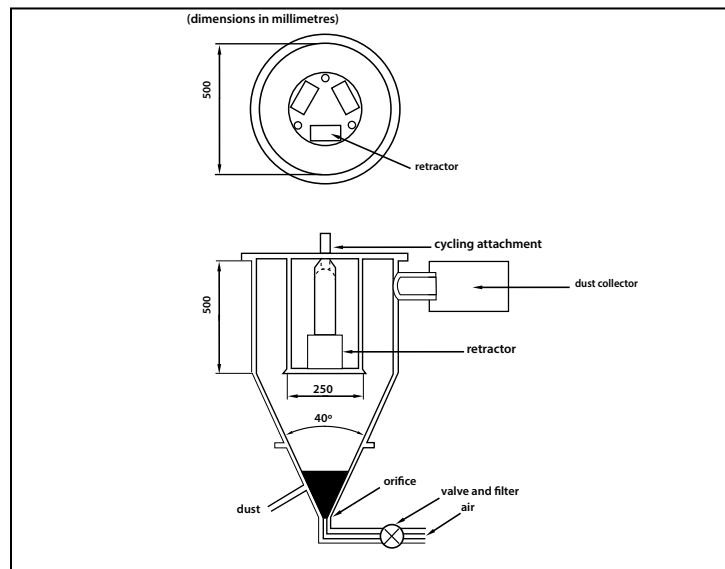


"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Rebobinadores

La norma especifica los requerimientos de dos tipos de rebobinadores: los rebobinadores automáticos y los rebobinadores de emergencia. Los rebobinadores automáticos primero deben ser sometidos a una prueba de durabilidad, luego a unas pruebas de resistencia al cambio de temperatura, corrosión y de resistencia al polvo. Por último se les somete a una prueba de fuerza de retracción.

Ilustración 4-43. Cámara para la prueba de resistencia al polvo de los rebobinadores de los dispositivos de retención infantil



"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En la prueba de durabilidad, se extrae el cinturón y se le deja retraer 5,000 ciclos, a una razón de 30 ciclos/min. Luego se someten a las pruebas de resistencia a la corrosión y de resistencia a los cambios de temperatura explicados anteriormente. Además se les somete a la prueba de resistencia al polvo, en la cual se coloca el rebobinador en una cámara de prueba que permite ensuciarlo con polvo (ver Ilustración 4-43). Dentro de la cámara se extrae una longitud de 500 mm de la correa, la cual se expone a la agitación del polvo durante 1 o 2 minutos. Luego se le deja retraer y se le estira 10 ciclos completos, para luego volverla a ensuciar con el polvo. Después de la prueba de resistencia al polvo, se vuelven a aplicar 5,000 ciclos de extracción y retracción. Finalmente, el rebobinador debe ser capaz de continuar funcionando correctamente, lo cual implica que un cinturón equipado con un rebobinador automático no se debe aflojar más de 30 mm entre diversas posiciones de bloqueo del rebobinador y si el ocupante del dispositivo se mueve hacia atrás, el cinturón se debe quedar en la posición inicial o regresar a ella cuando el ocupante se mueve hacia adelante nuevamente. Además, el rebobinador también debe cumplir con la prueba de la fuerza de retracción.

Para llevar a cabo la medición de la fuerza de retracción se debe colocar un maniquí en el dispositivo de retención infantil, ya que la fuerza se mide en el punto de contacto con el maniquí mientras la faja se está siendo rebobinada a una tasa aproximada a 0.6 m/min. Si el rebobinador forma parte del cinturón de la pelvis, la fuerza de tracción debe ser mayor o igual que 7 N, pero si el rebobinador es parte del cinturón de torso, la fuerza de retracción debe estar entre 2 N y 7 N.

Los rebobinadores de emergencia también son sometidos a las pruebas de durabilidad, resistencia a los cambios de temperatura, resistencia a la corrosión y de resistencia al polvo, mencionadas anteriormente. Cabe destacar que la cantidad de ciclos de la prueba de durabilidad debe ser de 40,000 y después de haberse llevado a cabo las demás pruebas, se vuelve a someter el mecanismo a 5,000 ciclos. Después de ello, los rebobinadores deben funcionar adecuadamente y para corroborarlo deben ser sometidos a las pruebas para determinar si reaccionan a la aceleración del cinturón o desaceleración del vehículo y al ángulo de inclinación, entre otros requerimientos.

Los rebobinadores de emergencia son sometidos a pruebas para determinar si se bloquean a causa de la desaceleración del vehículo, a causa de la aceleración del cinturón y a causa del ángulo de rotación del sensor de movimiento.

En el caso de los rebobinadores que reaccionan ante la aceleración del vehículo, la prueba se lleva a cabo en ambas direcciones a través de dos ejes perpendiculares. El rebobinador se debe bloquear si la desaceleración del vehículo alcanza 0.45 G.

Para realizar esas pruebas se extrae el cinturón del rebobinador hasta su máxima extensión menos 300 mm. Si los rebobinadores de emergencia son sensibles a la aceleración del cinturón, se debe extraer el cinturón en la misma dirección de operación. El rebobinador no se debe bloquear si la aceleración de extracción es menor que 0.8 G.

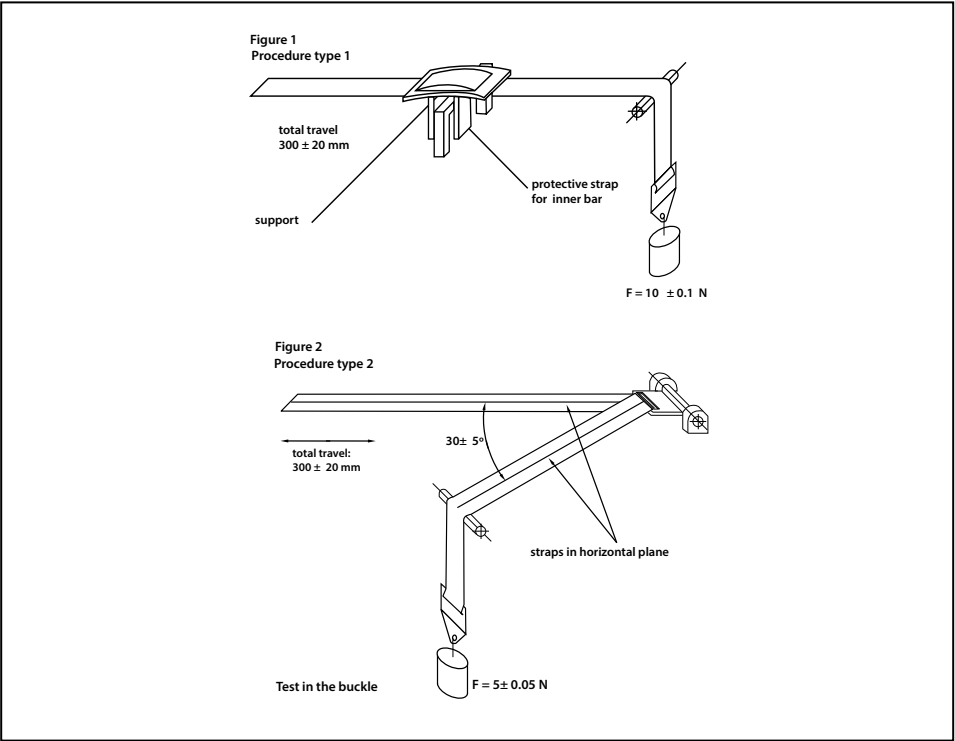
Luego se monta el rebobinador en una tabla horizontal que permite inclinar el rebobinador en cualquier dirección. El rebobinador no se debe bloquear si el ángulo de inclinación es menor que 12°; por el contrario, sí se debe bloquear si el ángulo de inclinación es mayor a 27°.

Fajas

Las fajas (cinturones de los dispositivos de retención infantil) son sometidas a pruebas para determinar la resistencia última de tensión (resistencia de tensión a la ruptura). Pero esas pruebas se llevan a cabo después de acondicionar las muestras a temperatura ambiente y a diversas atmósferas para producir degradación a causa de la exposición a la luz, al frío, al calor, al agua y a la abrasión. Los acondicionamientos consisten en lo siguiente:

1. El acondicionamiento a temperatura ambiente consiste en mantener durante 24 horas la muestra en una atmósfera a 23°C y una humedad relativa del 50%.
2. Para acondicionar las muestras a la luz, se exponen una muestra a la luz hasta que se produzca una degradación del color específica. Luego se le deja reposar a temperatura ambiente durante 24 horas.
3. Para acondicionar la muestra al frío, se deja la muestra estirada durante 90 minutos en una cámara a -30°C. Luego se le dobla y se coloca un peso de 2 kg sobre el doblé y se le deja reposar a la misma temperatura durante 30 minutos.
4. Para acondicionar la muestra al calor, se deja la muestra en una cámara a 60° y a una humedad relativa de 65% durante 180 minutos.
5. El acondicionamiento al agua consiste en sumergir la muestra en agua destilada a 20°C durante 180 minutos, usando un agente humectante que funcione adecuadamente para el tipo de fibra con el que está hecho el cinturón del dispositivo de retención infantil.
6. La prueba de abrasión se lleva a cabo solo cuando el resultado de las pruebas de micro-deslizamiento dan un resultado 50% mayor al límite indicado. Antes de someter la muestra a la abrasión se condiciona durante 24 horas a temperatura ambiente. La prueba consiste en colocar un peso que se aplica permanente en un extremo del cinturón, mientras que el otro extremo se sujeta a un dispositivo que permite moverlo hacia adelante y hacia atrás de forma horizontal, procurando que el movimiento se de a lo largo de 300 mm, como lo muestra la Ilustración 4-44. La magnitud del peso y la cantidad de ciclos que se realizan depende de la manera en que se mueve el cinturón, ya que si éste pasa a través del ajustador se aplica el procedimiento uno, pero si éste cambia de dirección a través de un elemento rígido, se aplica el procedimiento dos, como lo indica la Tabla 4-24.

Ilustración 4-44. Prueba de abrasión de los cinturones de los dispositivos de retención infantil



"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-24. Pruebas de abrasión de los cinturones de los dispositivos de retención infantil

Tipo de procedimiento	Peso (N)	Ciclos / minuto	Número de ciclos
1	10	30	1,000
2	50	30	5,000

"Modified from regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Al finalizar las pruebas, la resistencia última de tensión de los acondicionamientos 2, 3, 4, 5 y 6 no debe ser menor al 75% de la resistencia última de tensión medida a temperatura ambiente. Además, la magnitud de la fuerza de ruptura del cinturón depende del tipo de dispositivo de retención y su valor debe ser mayor al respectivo valor indicado en la Tabla 4-25.

Tabla 4-25. Resistencia a la ruptura de los cinturones de los dispositivos de retención infantil según el grupo de edad

Grupo	Fuerza de ruptura (kN)
0, 0+ y I	3.6
II	5.0
III	7.2

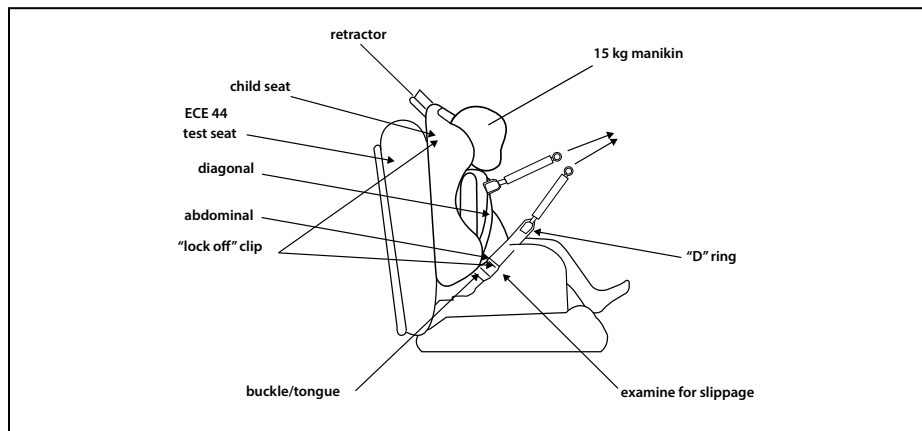
Elaboración propia, con base en la regulación vehicular N° 44 de la ECE.

Dispositivos de bloqueo

Los dispositivos de bloqueo son unas prensas que poseen los dispositivos de retención infantil, que se utilizan para prensar el cinturón de seguridad para evitar así el deslizamiento del cinturón de seguridad de los adultos (usados para sujetar los dispositivos de retención infantil). Esos dispositivos pueden ser de dos tipos: el tipo A evita el movimiento del cinturón a través del retractor y el tipo B permite retener una tensión aplicada sobre el cinturón pélvico con el mismo objetivo.

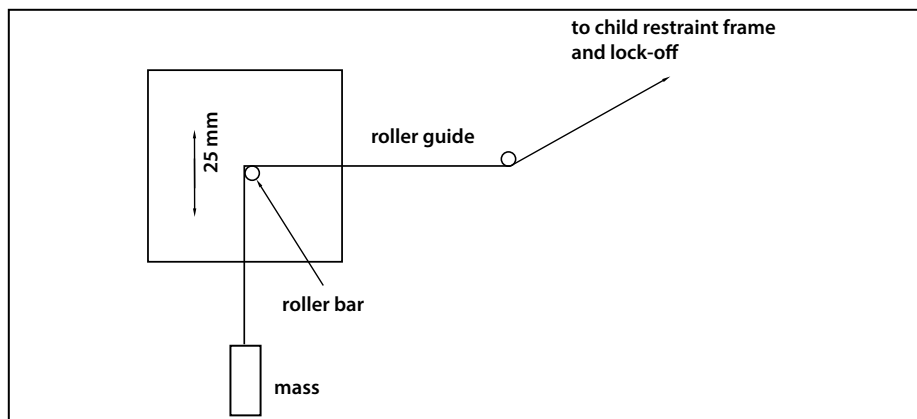
Los dispositivos de bloqueo son sometidos a una prueba para medir el desplazamiento del cinturón de seguridad. Para ello antes de iniciar la prueba se hace una marca en el cinturón de seguridad, se aplican fuerzas sobre él y se hace una marca al final de la prueba para poder medir así el deslizamiento. Los dispositivos de bloqueo del tipo A son sometidos a una fuerza igual al doble de la masa del ocupante más grande para el que fue diseñado, fuerza que se aplica 10 veces durante un segundo cada vez (ver Ilustración 4-45).

Ilustración 4-45. Prueba de la capacidad de retención de los dispositivos de bloqueo tipo A



"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-46. Prueba de la capacidad de retención de los dispositivos de bloqueo tipo B



"From regulation No. 44: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems"), © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Para estudiar los dispositivos de bloqueo del tipo B, se pasa el cinturón a través de un dispositivo de prueba (ver Ilustración 4-46) y en uno de sus extremos se conecta una masa de 5.25 kg. La masa se sube y se le deja caer libremente una distancia de 25 mm, lo cual se repite 100 veces a una tasa de 60 ciclos/minuto, para simular la acción del movimiento del dispositivo de retención infantil.

Una vez terminadas las pruebas, el deslizamiento del cinturón de seguridad debe ser menor a 25 mm para ambos tipos de dispositivos de bloqueo.

Sujetador ISOFIX

Los sujetadores ISOFIX (dispositivo utilizado para unir el sistema de retención infantil a los anclajes ISOFIX) deben ser sometidos a una prueba para determinar la fuerza requerida para abrirlos. Para ello se utiliza un dinamómetro y la línea de acción de la fuerza de apertura debe ser paralela a la dirección del movimiento del botón o manilla de liberación. Luego se somete el sujetador a 2,000 ciclos de apertura y cierre y se vuelve a medir la fuerza de apertura, la cual debe ser de al menos 50 N.

ECE 129 (Sistemas de retención infantil mejorados)

Los sistemas de retención infantil mejorados (i-Size) son unos dispositivos diseñados para ser utilizados especialmente en asientos adecuados para tales dispositivos. Esos asientos se caracterizan porque poseen el espacio adecuado para colocar debajo una pata soporte para reducir la rotación del dispositivo durante una colisión frontal (ver Ilustración 4-47) o que poseen una faja superior que se sujeta de la parte de arriba del respaldo de la silla del vehículo para el mismo fin, elementos que están adheridos permanentemente al dispositivo de retención infantil.

Además, su diseño puede permitir acomodar niños de un rango de tamaño más amplio.

Ilustración 4-47. Dispositivos de retención infantil mejorados



Cortesía de Britax.

Esos dispositivos deben ser sometidos a las mismas pruebas a las que se someten los sistemas de retención infantil regulados bajo la norma vehicular N°44 de la ECE, pero con ciertas diferencias.

La primera de ellas es que los criterios de aceptación biomecánica en las pruebas dinámicas son diferentes. En el caso de los ensayos de las colisiones frontales y traseras de los sistemas de retención infantil mejorados no se determina la penetración abdominal, pero en cambio se mide la aceleración de la cabeza, cuyos valores aceptables se muestran en la Tabla 4-26.

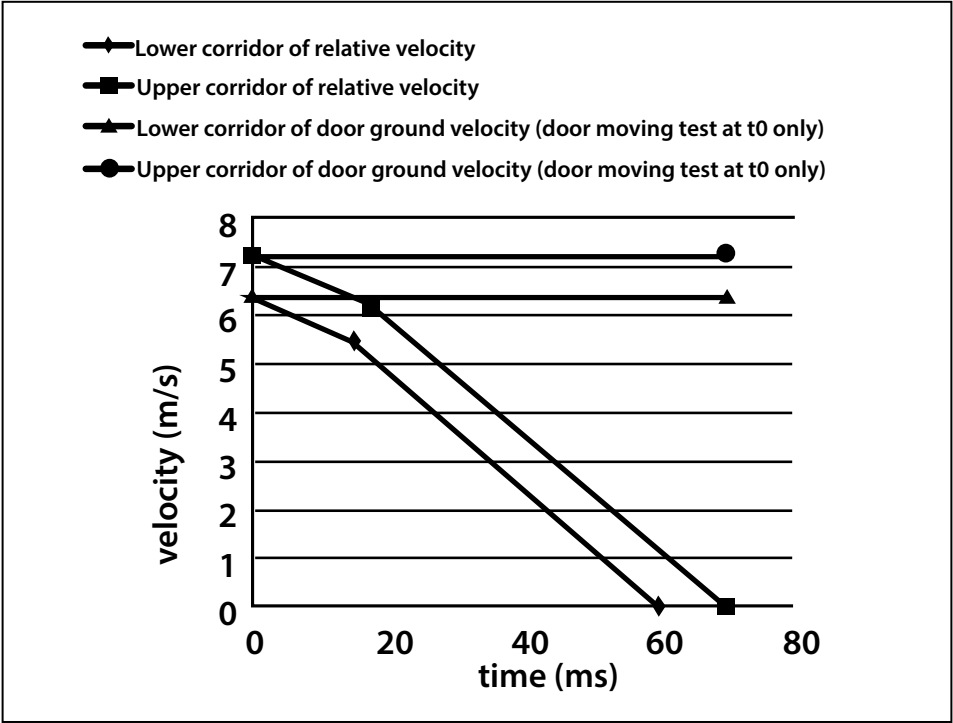
Tabla 4-26. Criterios de aceptación biomecánica de las pruebas dinámicas de los sistemas de retención infantil mejorados.

Criterio	Rango aceptable	
	Impacto frontal y trasero	Impacto lateral
Índice de daño en la cabeza (HIC)	600-800	600-800
Aceleración de la cabeza en un lapso de 3 ms	75 G - 80 G	75 G - 80 G
Aceleración del pecho en un lapso de 3 ms	55 G	—

"Modified from regulation No. 129: Uniform provisions concerning the approval of enhanced Child Restraint Systems used on board of motor vehicles (ECRS), © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

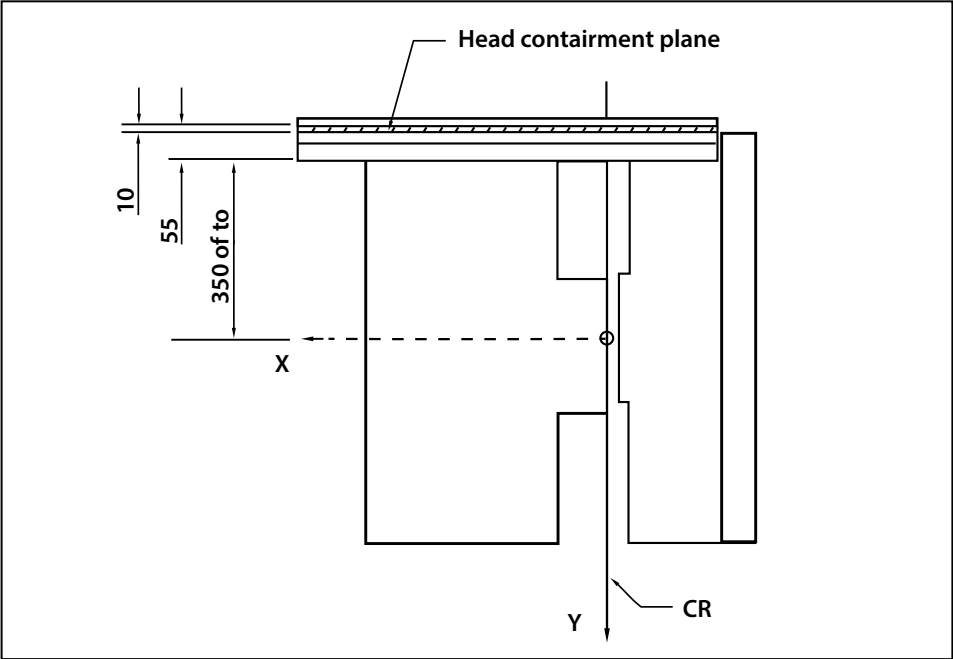
Otra diferencia es que en las pruebas dinámicas se incorporan ensayos para evaluar el desempeño ante colisiones laterales. En estas pruebas se coloca el dispositivo en el mismo banco de pruebas utilizado en los ensayos para los impactos delanteros y traseros, pero el banco se debe rotar un ángulo de 90° con respecto al eje vertical. Esta prueba se lleva a cabo para estudiar el desempeño de los sistemas de retención infantil ante el impacto que puede ocurrir con el panel de la puerta durante una colisión lateral. En este ensayo se procura que la velocidad relativa entre el banco de pruebas y el panel de la puerta se mantenga dentro del rango mostrado en la Ilustración 4-48. Los criterios de aceptación biomecánica también se muestran en la Tabla 4-26. Además de eso, se evalúa la capacidad de contener la cabeza y para que el sistema de retención infantil cumpla con los requerimientos, la cabeza no debe entrar en contacto con el panel de la puerta y no debe desplazarse más allá de un plano vertical que se indica trazando una línea roja en la puerta, como lo muestra la Ilustración 4-49.

Ilustración 4-48. Rango de velocidades para las pruebas de impacto lateral de los dispositivos de retención infantil mejorados



"From regulation No. 129: Uniform provisions concerning the approval of enhanced Child Restraint Systems used on board of motor vehicles (ECRS), © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-49. Plano indicador del límite permitido del movimiento de la cabeza



"Modified from regulation No. 129: Uniform provisions concerning the approval of enhanced Child Restraint Systems used on board of motor vehicles (ECRS), © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Otras diferencias que se pueden hallar entre las regulaciones vehiculares de la ECE N°44 y N°129, es que en la última no se pide que se realice la prueba de retención de la sillas elevadoras y que no se hace diferencia en la fuerza de ruptura requerida para los cinturones de los dispositivos de retención infantil según el rango de edad, sino que ella simplemente debe ser de 3.6 kN.

ECE 45 (Limpiadores de las luces frontales)

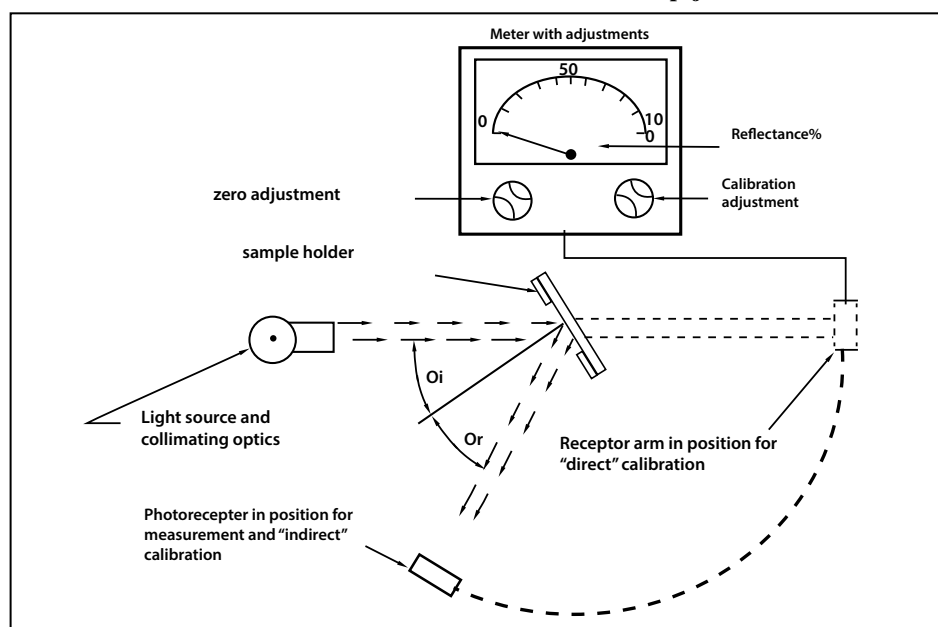
Los limpiadores de las luces frontales son sometidos a una prueba de eficacia que básicamente consiste en comparar las mediciones fotométricas de la luz emitida antes y después de haberse ensuciado y limpiado los focos. Por lo tanto, primero se toman las mediciones fotométricas en ciertos puntos específicos cuando los focos están limpios. Luego se rocía la superficie de los focos con una sustancia especialmente hecha para ensuciarlos, procurando que la intensidad luminosa se reduzca por lo menos a un 20%. Por último, se ponen en funcionamiento los limpiadores por un tiempo no mayor a 10 segundos y se mide la intensidad luminosa nuevamente. Si la intensidad luminosa es de al menos un 70% de la intensidad medida inicialmente, entonces los limpiadores cumplen con lo requerido.

ECE 46 (Dispositivos de visión indirecta)

Esta regulación se aplica a los dispositivos utilizados para la visión indirecta de los vehículos de las categorías M, N y L. Además se aplica a su montaje en los vehículos.

Son varios los tipos de espejos retrovisores que contempla esta norma, por lo que las pruebas y los requerimientos de las mismas pueden variar en ciertos casos. Por lo tanto, algunos de los espejos retrovisores son sometidos a pruebas de reflectividad, a pruebas de impacto y/o pruebas de flexión.

Ilustración 4-50. Método de medición de la reflectividad de los espejos retrovisores



En la prueba de la reflectividad de los espejos retrovisores se utiliza una fuente de luz para dirigir un haz al espejo, de forma que el haz incida en él a un ángulo cercano a 25° con respecto a un eje perpendicular a la superficie del espejo. La reflectividad se mide por medio de un fotodetector y el ángulo con que se desvía el haz hacia el fotodetector también debe ser cercano a 25° .

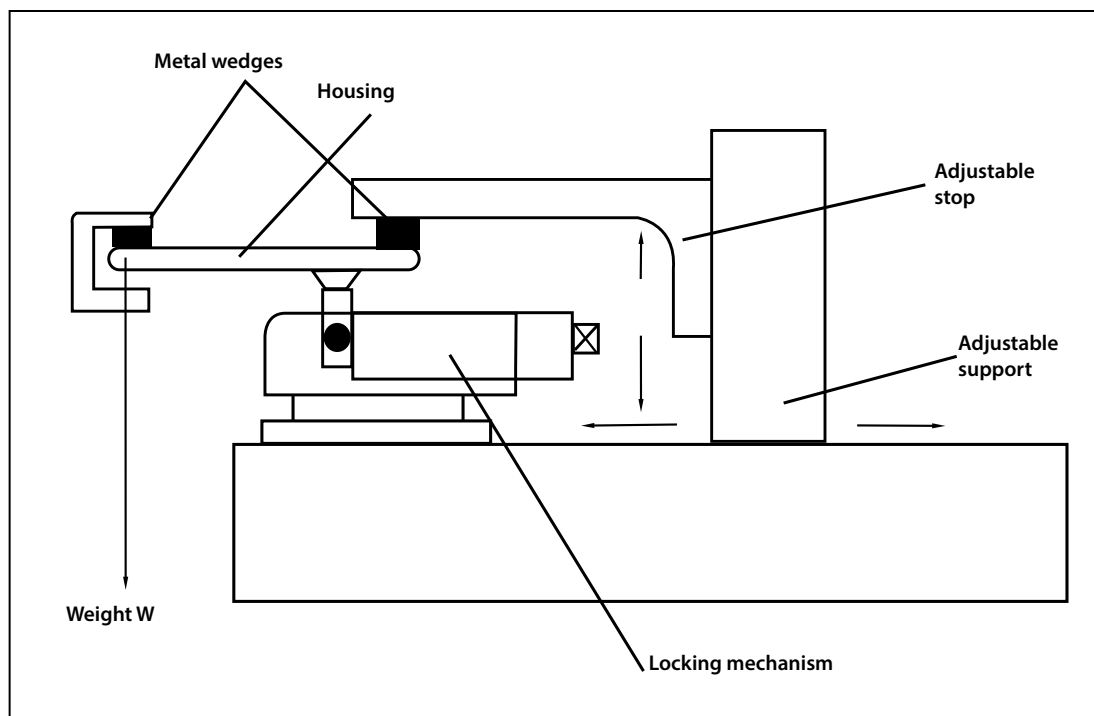
"From regulation No. 46: Uniform provisions concerning the approval of devices for indirect vision and of motor vehicles with regard to the installation of these devices, © 2009, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Entre los requerimientos de los espejos retrovisores se tiene que su superficie reflectiva debe ser plana o convexa. Además, ella debe poseer un coeficiente de reflexión de por lo menos 40%. Para probar esto, los espejos son sometidos a una prueba de reflectividad que consiste en iluminar la superficie reflectiva de los espejos por medio de una fuente de luz, para luego medir su reflectividad por medio de un fotodetector, como se aprecia en la Ilustración 4-50.

Además de la prueba de reflectividad, algunos espejos deben ser sometidos a una prueba de impacto. Esta prueba consiste en golpear los espejos en diversos lugares utilizando un péndulo, para lo cual los espejos se colocan en un elemento de sujeción, imitando a la posición en que van montados en los vehículos. Los puntos en los que se deben impactar los espejos difieren de acuerdo con los tipos de espejos, por lo que algunos de ellos son impactados en la superficie reflectiva y en los bordes de la carcasa, o en la superficie reflectiva y por detrás.

Otros tipos de espejos no son sometidos a la prueba de impacto, pero sí deben pasar una prueba de flexión en la cual se sujetan los espejos de forma que se pueda aplicar un peso en uno de los extremos, como se aprecia en la Ilustración 4-51. Entonces, se coloca una masa de 25 kg durante un tiempo de un minuto.

Ilustración 4-51. Prueba de flexión de algunos espejos retrovisores



En esta prueba se fija la carcasa del espejo horizontalmente, manteniendo un extremo libre donde se coloca una carga de 25 kg, produciendo así la flexión del espejo.

"From regulation No. 46: Uniform provisions concerning the approval of devices for indirect vision and of motor vehicles with regard to the installation of these devices, © 2009, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los requerimientos que deben satisfacer los espejos varían de acuerdo al tipo. Por ejemplo, después de someter a la prueba de impacto algunos tipos de espejos retrovisores que van montados en la carrocería del vehículo, el ángulo que forma el péndulo con respecto a la vertical debe ser de al menos

20°, requerimiento que no se aplica a los espejos que van adheridos al parabrisas. En el caso de los espejos retrovisores montados en el parabrisas, el requerimiento es que su montaje se debe romper, exhibiendo una proyección remanente menor o igual a 10 mm, medidos desde el punto de apoyo.

Además, después de la prueba de impacto o de la prueba de flexión, según sea el caso, la superficie reflectiva de los espejos no se debe romper, a menos que ésta esté hecha de un material vítreo de seguridad o que los fragmentos del material se mantengan adheridos a la carcasa del espejo y que la separación entre los fragmentos no exceda 2.5 mm desde los bordes de las grietas.

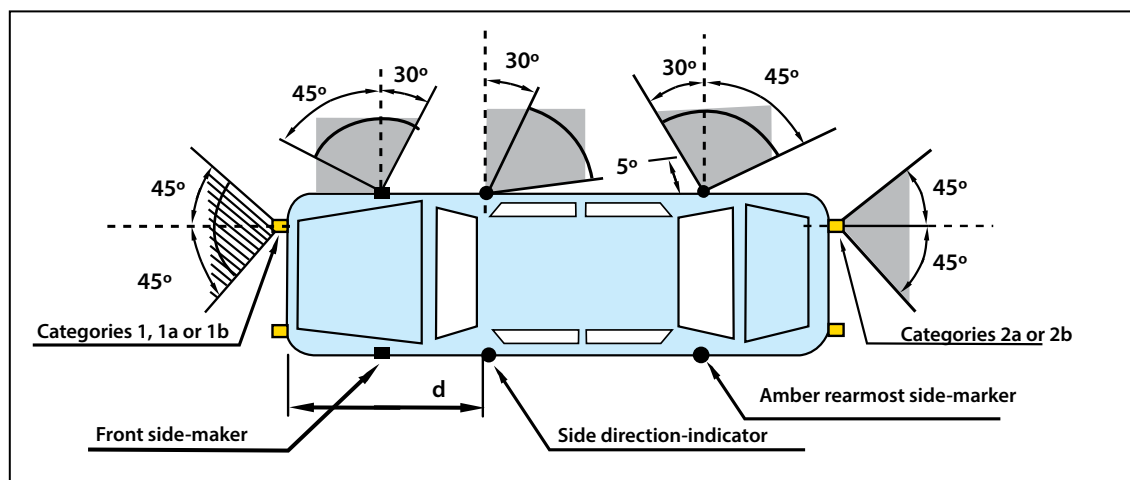
ECE 48 (Instalación de las luces)

Esta regulación se aplica a la instalación de las luces en los vehículos de las categorías M, N y O. En ella se indican las especificaciones del montaje de los diversos tipos de luces que se colocan en los automotores. Son muchos aspectos los considerados en ella, pero en este resumen solo se indicarán los patrones de distribución del haz de luz de algunas luces, los colores y la prueba de la variación de la inclinación de las luces bajas.

La geometría de proyección del haz de luz cumple un papel importante en la seguridad de los vehículos, ya que ella debe ayudar a evitar que se generen confusiones y debe ayudar a mejorar la visibilidad de los vehículos. Son varios los requerimientos geométricos de la proyección de las luces, por lo que solo se mencionarán algunos ejemplos. El primer ejemplo se refiere a las luces direccionales y los marcadores laterales de los vehículos de las categorías M₁ y N₁, los cuales, deben cumplir con ciertos ángulos de proyección como se aprecia en la Ilustración 4-52.

El segundo ejemplo es el caso de la visibilidad de las luces delanteras blancas y las traseras rojas, desde una zona contraria a su ubicación. Tales luces no deben poder apreciarse desde ciertas zonas a fin de evitar confusiones; por lo tanto, no debe haber visibilidad directa de tales luces desde las zonas indicadas en la Ilustración 4-53.

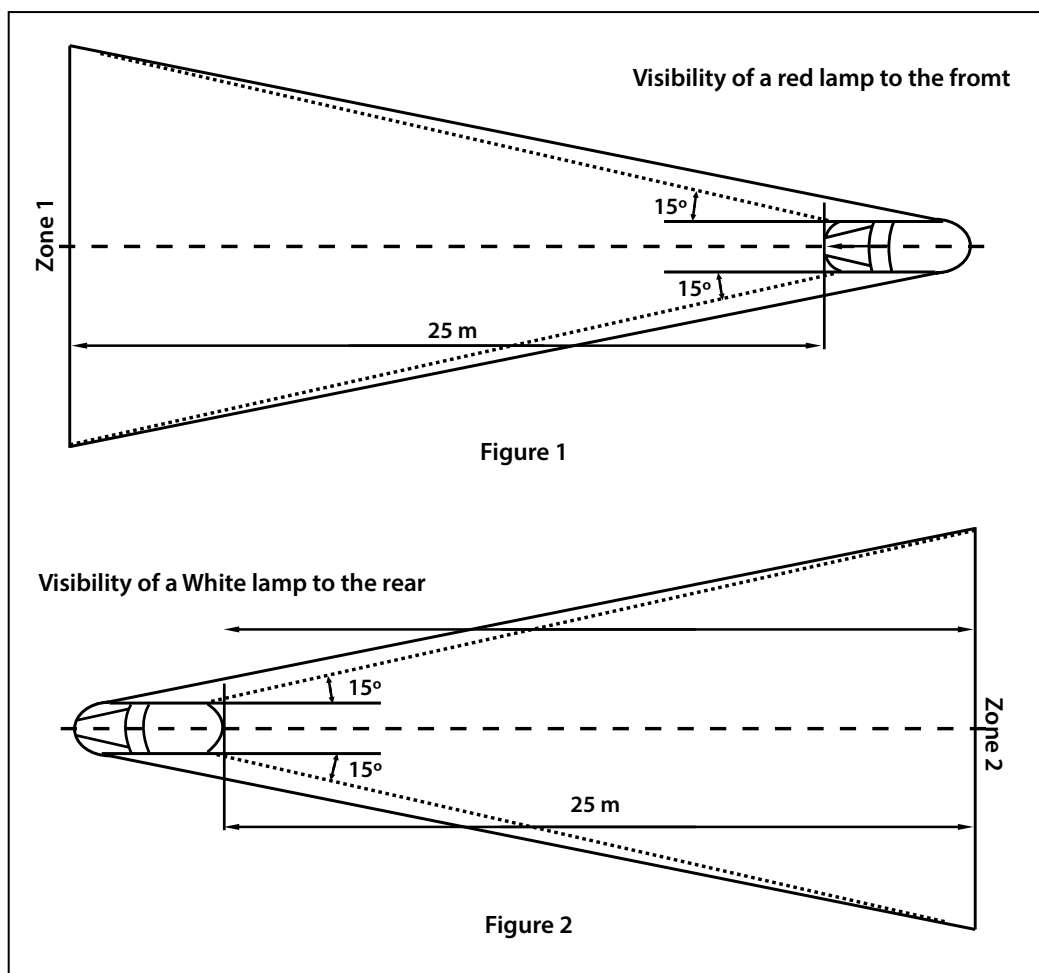
Ilustración 4-52. Geometría de visibilidad de las luces indicadoras y los marcadores laterales



Esta figura muestra un ejemplo de los ángulos de proyección de las luces direccionales y los indicadores laterales, valores que pueden variar dependiendo del tipo de luz y de algunos aspectos geométricos.

"From regulation No. 48: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices, © 2010, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

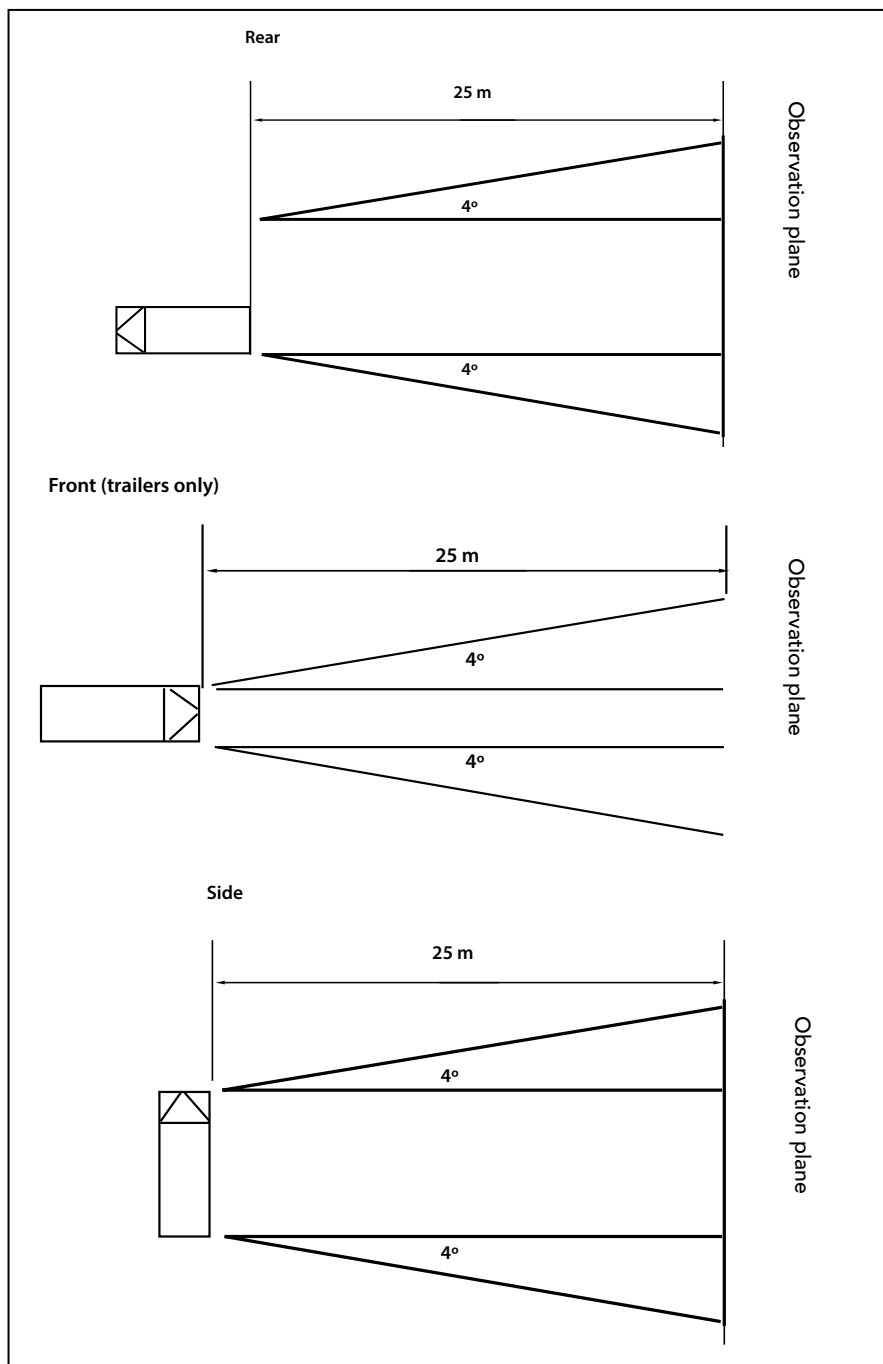
Ilustración 4-53. Restricción de la visibilidad de las luces frontales y traseras



En esta figura se aprecian las zonas de restricción de la visibilidad de las luces frontales y traseras, de modo que en la zona 1 no se deben apreciar directamente las luces traseras y en la zona 2 no se deben apreciar las delanteras.

"From regulation No. 48: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices, © 2010, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-54. Requerimiento de visibilidad de las marcas que se colocan en algunos vehículos de carga para hacerlos más notorios



De acuerdo con los requerimientos de la regulación vehicular N°48 de la ECE, las marcas que se colocan en los vehículos de carga para hacerlos más notorios deben tener una visibilidad de al menos el 80% de su superficie de iluminación cuando son vistas desde un plano colocado a 25 m del vehículo. Además, tal rango de visibilidad debe proyectarse 4° más allá de los bordes del vehículo.

"Modified from regulation No. 48: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices, © 2010, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Además de la visibilidad de las luces y la geometría de la proyección del haz de luz, las señales que se colocan en algunos vehículos de carga, para hacerlos más visibles, también deben cumplir un criterio de visibilidad. El criterio dicta que la visibilidad de las marcas debe ser de al menos el 80% de su superficie de iluminación, cuando las marcas son vistas por un observador colocado en los planos mostrados en la Ilustración 4-54.

Como se aprecia en la Ilustración 4-52, son varios los tipos de luces que pueden encontrarse en los vehículos y tienen ciertos colores asignados, lo cual ayuda a evitar confusiones. En la Tabla 4-27 se muestran algunos de los colores asignados a ciertos tipos de luces de los vehículos.

Tabla 4-27. Colores asignados a diversos tipos de luces en los vehículos

Tipo de luz	Color
Luz delantera baja	Blanco
Luz delantera alta	Blanco
Luces delanteras para la niebla	Blanco o amarillo selectivo
Luz de reversa	Blanco
Direccionales	Ámbar
Luces de freno	Rojo
Luces de frenado de emergencia	Ámbar o rojo
Luz de la placa	Blanco
Retroreflector trasero	Rojo
Retroreflector delantero	Del mismo color de la luz que incide en él
Luces traseras para la niebla	Blanco o amarillo selectivo
Luces diurnas	Blanco

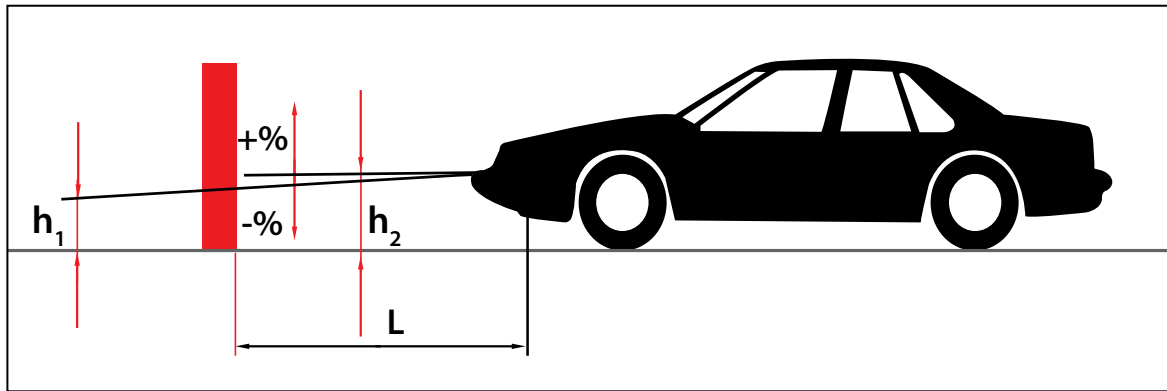
Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°48 de la ECE.

Por último, se realiza una prueba de la varaición de la inclinación de las luces bajas según el estado de carga del vehículo (ver Ilustración 4-55). De acuerdo con esta regulación, bajo las condiciones de prueba la línea de corte de las luces bajas debe encontrarse inicialmente entre los valores mostrados en la Tabla 4-28 y cuando son cargados no deben presentar variaciones fuera de los límites mostrados en ella.

Para determinar eso se realiza una prueba para medir la viariación de la altura de la línea de corte de las luces bajas, utilizando cualquier método de medición, siempre y cuando la precisión de la medición de la inclinación sea de ± 0.2 mrad, o $\pm 0.02\%$, medición que se realiza para las luces en cada lado del vehículo. Además, la medición se lleva a cabo para diversas condiciones, como por ejemplo:

- Vehículo cargado con solo el conductor (75 kg de peso).
- Vehículo cargado en el conductor y un copiloto.
- Todos los asientos ocupados.
- Otras condiciones de carga.

Ilustración 4-55. Variación de la altura de la línea de corte de las luces bajas



"From regulation No. 48: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices, © 2010, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-28. Límites permitidos en la variación de la altura de la línea de corte de las luces bajas cuando se varía el estado de carga del vehículo

Altura inicial (m)	Inicialmente	Variación permitida
$h < 0.8$	Entre -1.0% y -1.5%	Entre -0.5% y -2.5%
$0.8 < h < 1.0$	Entre -1.0% y -1.5%	Entre -0.5% y -2.5%
	*Entre -1.5% y -2.0%	Entre -1.0% y -3.0%
$h > 1.0$	Entre -1.5% y -2.0%	Entre -1.0% y -3.0%

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°48 de la ECE.

ECE 52 (Construcción general de los vehículos de pasajeros M_2 y M_3)

Esta regulación especifica algunos requerimientos constructivos para vehículos de pasajeros. Tales requerimientos incluyen la distribución de pesos en los ejes delanteros y traseros, la protección contra incendios, la cantidad de salidas que deben poseer, la configuración interior, la luz artificial interior, las agarraderas y barras, la protección contra caídas en el espacio de las gradas, los soportes de equipaje y las escotillas colocadas en el suelo. Además se especifican métodos para calcular el área disponible para pasajeros y la cantidad máxima de pasajeros.

Cuando las puertas funcionan eléctricamente, estas deben someterse a una prueba para comprobar que la fuerza de impacto con la que se cierran no sobrepase un valor de 150 N, y que la fuerza pico no sobrepase los 300 N. Para ello simplemente se coloca una celda de carga que permite medir la fuerza de impacto de la puerta cuando golpea un objeto que obstruye su movimiento.

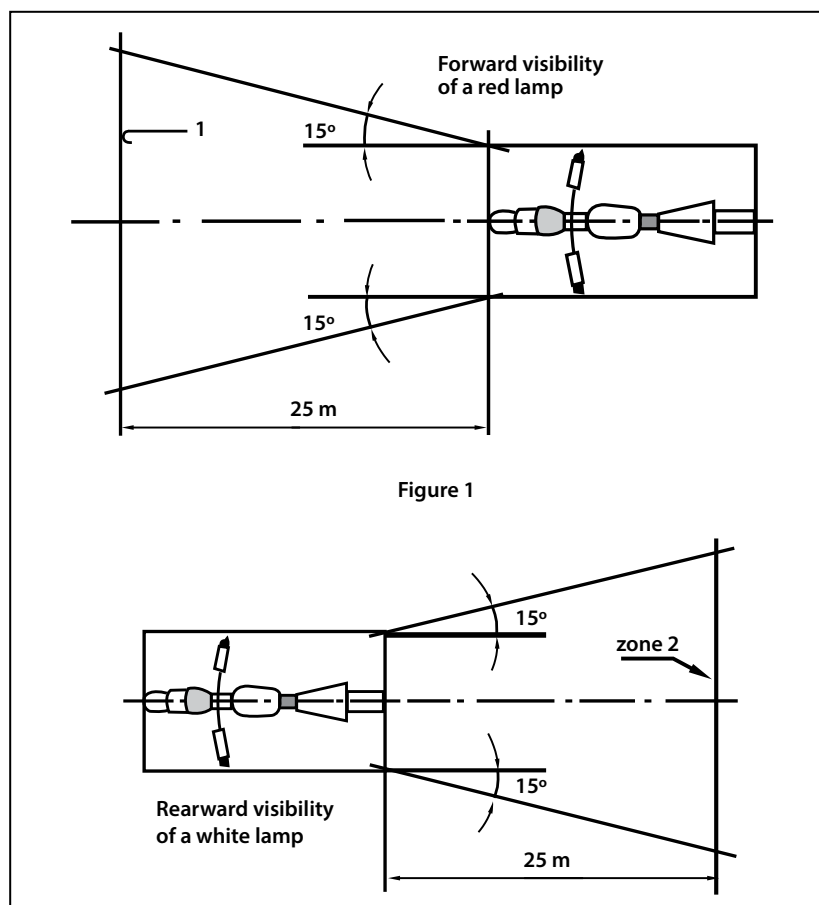
Por otra parte, para determinar que la distribución de los elementos interiores brinde suficiente movilidad para los pasajeros, simplemente se mueven dentro de los vehículos unos instrumentos con medidas específicas, similares a los mostrados en las Ilustraciones 4-29 y 4-31.

ECE 53 (Instalación de las luces de las motocicletas)

Esta regulación se aplica a la instalación de las luces de las motocicletas de más de 50 cc o con una velocidad máxima superior a los 50 km/h.

Básicamente en este estándar se especifican los tipos y el color de luces que deben tener estas motocicletas. Por ejemplo, las motocicletas deben tener luces diurnas de color blanco, luces frontales altas y bajas de color blanco también, direccionales de color ámbar, luces de freno de color rojo, entre otros. Además, se especifica que las luces delanteras no deben poder verse desde la parte posterior y viceversa, por lo que se corrobora que el haz de luz de dichas luces siga la geometría mostrada en la Ilustración 4-56.

Ilustración 4-56. Geometría del haz de luz de las luces delanteras y traseras de las motocicletas



Para probar que las luces traseras y las delanteras no se pueden observar desde los lados opuestos respectivos, se lleva a cabo una prueba en la cual un observador se mueve a lo largo de las zonas 1 y/o 2, a una distancia de 25 m.

"Modified from regulation No. 53: Uniform provisions concerning the approval of category L₃ vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 54 (Llantas neumáticas de los vehículos de carga y sus remolques)

El objetivo de esta regulación es indicar los requerimientos de las llantas neumáticas de los vehículos de carga y sus remolques, exceptuando las llantas hechas para velocidades inferiores a los 80 km/h.

Al igual que las llantas de los vehículos livianos (regulación ECE 30), estas llantas son sometidas a pruebas para corroborar que sus dimensiones cumplan con las especificaciones y son sometidas a pruebas de desempeño.

En las pruebas de desempeño se hacen girar las llantas sobre un tambor a la velocidad nominal, mientras que se aplica una carga que va aumentando paulatinamente hasta que al cabo de 24 h ésta alcanza valores entre el 101% y el 114% de la carga nominal, dependiendo del tipo de llanta. Entonces, si al final de la prueba las llantas no presentan separación de la banda de rodadura de las fibras ni de los tejidos y si no muestran desprendimiento de pedazos o cuerdas rotas, se considera que ellas cumplen con los requerimientos.

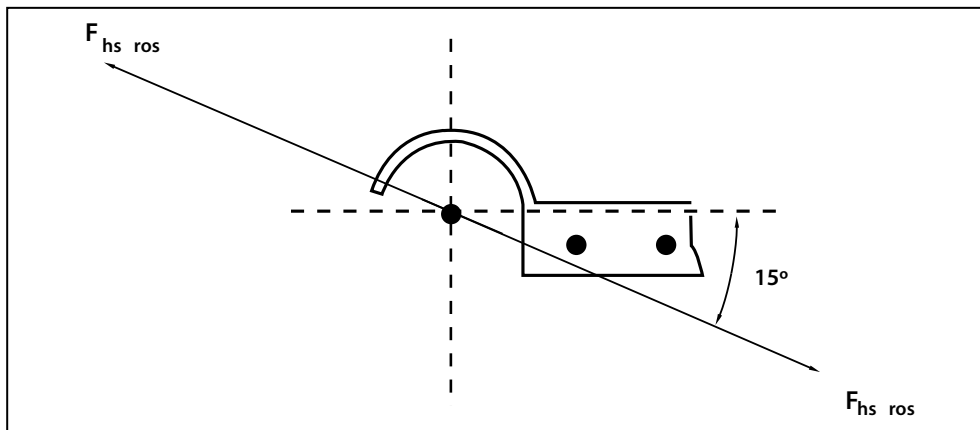
ECE 55 (Acoples mecánicos)

El objetivo de esta regulación es indicar los requerimientos mínimos de los acoples mecánicos utilizados para formar combinaciones de vehículos o vehículos articulados, con el fin de que tales acoples sean internacionalmente compatibles.

En el estándar se cubren las especificaciones de distintos tipos de acoples entre los tractocamiones y los remolques o semirremolques, considerando mecanismos de acoplamiento tales como: la quinta rueda, los ganchos, las bolas de acople y soporte del remolque, entre otros. Para cada tipo de acople se especifican los requerimientos dimensionales, de la forma y otros aspectos de diseño. A pesar de las diferencias entre los tipos de acoples, en general es requerido que ellos sean sometidos a pruebas de resistencia.

Las pruebas de resistencia se dividen en dos categorías: las pruebas de desempeño (o prueba dinámica) y las pruebas estáticas. Las pruebas de desempeño consisten en aplicar fuerzas verticales y horizontales de forma periódica, con una frecuencia no mayor a 35 Hz. Al final de las pruebas dinámicas no se deben presentar fracturas ni agrietamiento. Por otro lado, en las pruebas estáticas se aplica una carga por un lapso de 60 segundos y después de retirar la carga estática. Es aceptable que el material presente deformación plástica no superior al 10% del valor máximo de deformación medido durante la prueba. La magnitud de las fuerzas y el número de ciclos que se aplican se calculan en función material, la masa máxima permitida del vehículo tractor, el tipo de acople, entre otros.

A fin de simplificar el procedimiento, en algunos acoplamientos como las bolas de acople y los soportes del remolque se puede aplicar una fuerza oblicua para tomar en cuenta la fuerza horizontal y la vertical simultáneamente (ver Ilustración 4-57). El ángulo de aplicación de la fuerza es cercano a 15° y la magnitud de la fuerza resultante se calcula en función de los parámetros antes mencionados.

Ilustración 4-57. Prueba de resistencia de una cabeza de acople

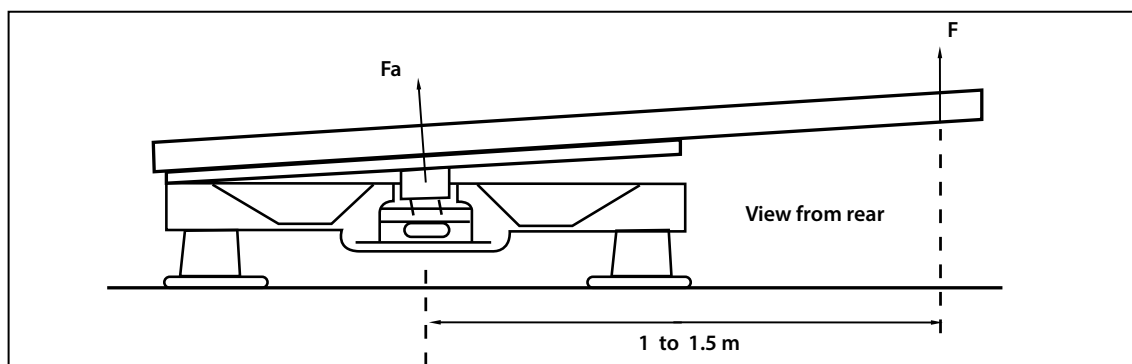
Esta figura muestra la dirección de aplicación de la fuerza, en las pruebas de resistencia de ciertos acoplamientos entre los tractocamiones y los remolques. La razón de aplicar una fuerza oblicua es que ella incorpora simultáneamente la fuerza vertical y horizontal.

"Modified from regulation No. 55: Uniform provisions concerning the approval of mechanical coupling components of combinations of vehicles, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Por otro lado, en el caso de sistemas de acoples que usan dispositivos que se unen usando pines, ganchos, o dispositivos similares, los cuales se caracterizan porque hay una dirección preferente de apertura, la prueba de resistencia estática se realiza aplicando la fuerza en la dirección de apertura del acoplamiento.

Finalmente, los acoplamientos que se llevan a cabo por medio de una quinta rueda (tornamesa), y en las placas de montaje utilizadas en estos acoples, también son sometidos a pruebas de resistencia dinámica y estática. En la prueba estática se aplican simultáneamente un momento flector, una fuerza vertical hacia abajo cuya línea de acción se haya sobre el centro de la quinta rueda y una fuerza horizontal aplicada en los flancos de la guía del pin de acoplamiento. Una deformación permanente de 0.5% en cualquiera de las dimensiones nominales es el valor máximo permitido, pero no se deben presentar agrietamientos.

También, utilizando una palanca se realiza una prueba de levantamiento en la que se aplica una fuerza vertical hacia arriba (F_a), con el fin de comprobar que el pin de acople no se separe y que la quinta rueda no sufre una deformación mayor al 0.2% de su ancho, como se aprecia en la Ilustración 4-58.

Ilustración 4-58. Prueba de resistencia en una quinta rueda

Esta figura muestra la prueba de levantamiento que se realiza para comprobar que el acoplamiento es capaz de retener el pin, donde la fuerza de levantamiento se aplica sobre el pin por medio de una palanca.

"Modified from regulation No. 55: Uniform provisions concerning the approval of mechanical coupling components of combinations of vehicles, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 58 (Dispositivos anti-incrustamiento)

En esta regulación se indican los requerimientos de los dispositivos anti-incrustamiento que se colocan en algunos vehículos de carga.

Al igual que en el FMVSS 223, los dispositivos anti-incrustamiento son sometidos a pruebas de resistencia. Esta prueba consiste en aplicar consecutivamente una fuerza de 100 kN o 50% de la masa máxima del vehículo (lo que sea menor) en dos puntos del dispositivo anti-incrustamiento y la línea de acción de la carga debe ser paralela al eje longitudinal del vehículo. Entonces se considera que el dispositivo es lo suficientemente resistente si durante la prueba o al final de la misma, la deflexión máxima del dispositivo no supera una distancia de 400 mm.

A diferencia del estándar estadounidense, en esta regulación no se requiere que se lleve a cabo una prueba de absorción de energía. Además, la deflexión máxima permitida en el estándar estadounidense es menor, sugiriendo que tales dispositivos anti-incrustamiento son más rígidos.

ECE 62 (Sistemas antirrobo de las motocicletas y scooters)

El objetivo de esta regulación es establecer los requerimientos de los sistemas antirrobo de vehículos cuya manivela consta de una barra, como lo es el caso de las motocicletas y algunos scooters.

Algunos de los requerimientos generales de estos sistemas son:

- Es necesario desactivarlos para poder girar la manivela o mover el vehículo.
- Debe ser diseñado de forma en que no se le puede desactivar o desahiblar rápidamente y sin llamar la atención haciendo uso de herramientas comunes disponibles para el público.
- El sistema no debe activarse cuando el vehículo está en movimiento.
- Cuando el sistema antirrobo está activado debe ser capaz de soportar un torque de 200 Nm aplicado alrededor del eje de la manivela, sin dañar el sistema de dirección.

ECE 64 (Llantas de repuesto temporales, llantas y/o sistemas que se pueden usar cuando las llantas están estalladas, sistemas de monitoreo de presión)

El objetivo de esta regulación es indicar los requerimientos de las llantas de repuesto temporales, de las llantas y/o sistemas que pueden utilizarse durante cierto tiempo mientras alguna llanta está estallada y de los sistemas de monitoreo de la presión de las llantas.

Los vehículos deben poseer una llanta de repuesto que debe cumplir con los mismos requerimientos indicados en la regulación ECE 30, y también deben tener indicada la velocidad máxima para la cual fueron diseñadas. No obstante, hay vehículos que poseen llantas que se pueden utilizar mientras están estalladas o sistemas que ayudan a mantener las llantas bajo condiciones básicas de funcionamiento cuando se estallan, permitiendo así poder utilizarlas por cierto periodo de tiempo luego de haber sido estalladas. En tales casos no es obligatorio que los vehículos cuenten con una llanta de repuesto, pero sí deben contar con un sistema de advertencia óptica que le indique al conductor cuando alguna llanta

se estalló, pero si el vehículo posee un sistema de monitoreo de la presión no es necesario que también disponga del sistema de advertencia.

Los sistemas de advertencia del estallido de las llantas deben ser sometidos a pruebas de funcionamiento, las cuales se pueden llevar a cabo por medio de dos métodos. El primer método consiste en desinflar una de las llantas del vehículo hasta una presión que es 100 kPa menor que la presión de inflado normal y luego se conduce este durante 5 minutos. Si al cabo de ese tiempo el sistema no ha encendido la señal de advertencia de que alguna de las llantas está estallada, el sistema se considera defectuoso. En el segundo método, se desinfla gradualmente alguna llanta mientras se conduce el vehículo y si después de haberse tenido una pérdida de presión mayor a 100 kPa el sistema no ha encendido la señal, entonces el sistema se considera defectuoso.

Similarmente, los sistemas de monitoreo de la presión son sometidos a pruebas para determinar que funcionen adecuadamente. Primero se enciende el vehículo para ver si el sistema de monitoreo de presión de las llantas comprueba el funcionamiento de la luz de advertencia. Luego se desinfla una de las llantas hasta que se reduce la presión en un 20% o llega a 150 kPa, entonces el sistema debe encender la señal de alarma cuando alguna de las llantas está bajo tales condiciones. Luego se apaga el vehículo y al cabo de cierto tiempo se vuelve a encender para determinar si el sistema aún muestra la advertencia o de lo contrario su desempeño será considerado insatisfactorio.

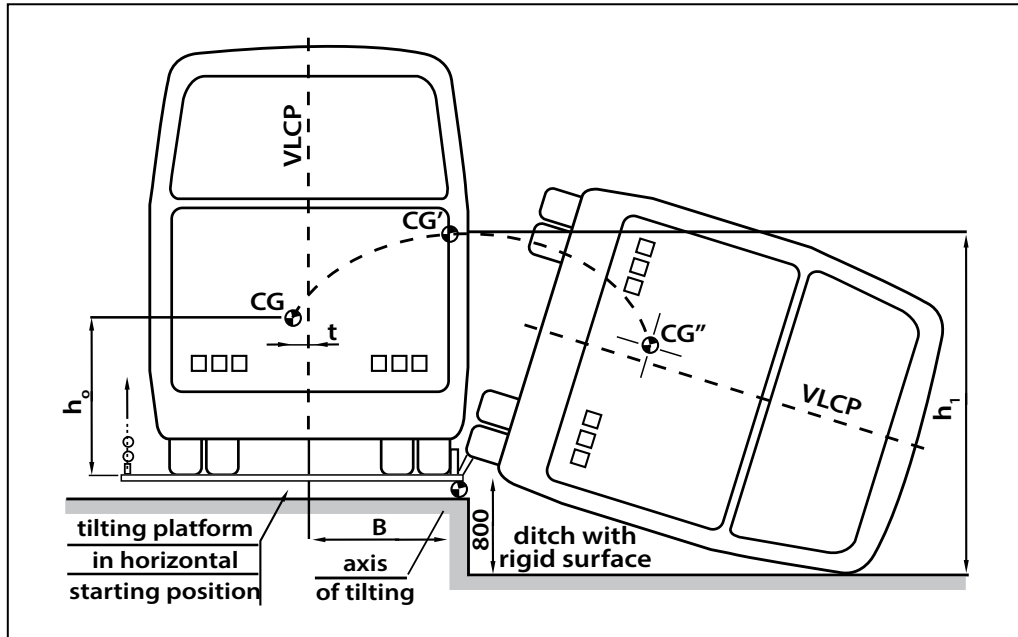
Por último, tanto los sistemas de advertencia de estallido de las llantas, como los sistemas de monitoreo de la presión son sometidos a pruebas de mal funcionamiento, en las que se simula una falla del sistema a fin de determinar si este arroja una advertencia.

ECE 66 (Resistencia de la superestructura de los vehículos grandes de pasajeros)

Esta regulación se aplica a los vehículos de 16 o más pasajeros, unitarios o articulados.

La superestructura de los vehículos es una parte del cuerpo del vehículo que ayuda a soportar la carga y que contribuye a la resistencia, a la capacidad de absorción de energía del cuerpo del vehículo y a preservar el espacio residual después de que ocurre un vuelco. La resistencia de la superestructura se determina llevando a cabo pruebas de vuelco con el fin de determinar si son lo suficientemente capaces de preservar el espacio residual, lo cual es importante porque de lo contrario los pasajeros de estos tipos de vehículos podrían resultar heridos si la estructura se deformara de manera tal que hayan elementos estructurales que se mueven hacia adentro, interfiriendo en el espacio donde viajan los pasajeros.

Entonces, los vehículos son sometidos a una prueba básica de volcamiento (ver Ilustración 4-59) en la que simplemente son colocados en una plataforma elevable, y se les levanta hasta hacerlos caer sobre el costado que sea menos resistente (en caso de que el vehículo no sea simétrico). Al finalizar la prueba ninguna parte del vehículo que está fuera del espacio residual debe introducirse en él y ninguna parte que está colocada en el espacio residual se debe proyectar fuera del contorno de la estructura deformada.

Ilustración 4-59. Prueba de resistencia de la superestructura de los vehículos de 16 o más pasajeros

Esta figura muestra cómo se lleva a cabo la prueba de vuelco con el fin de determinar si la superestructura del vehículo es lo suficientemente resistente.

"Modified from regulation No. 66: Uniform technical prescriptions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to the strength of their superstructure, © 2006, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 67 (vehículos que poseen tanques de gas LPG)

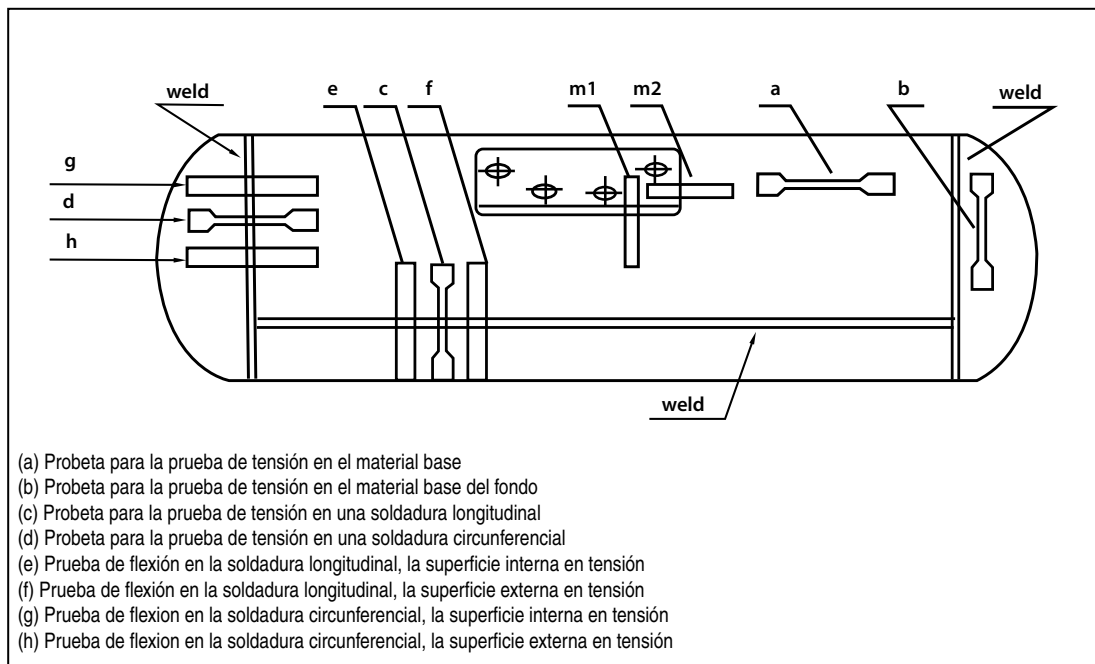
En esta regulación se especifican los requerimientos de los tanques y del equipo utilizado en los tanques de gas LPG de algunos vehículos.

Pruebas de tensión

El material de los cilindros de gas LPG es sometido a diversas pruebas de tensión con el fin de medir la resistencia a la tensión, el esfuerzo de cedencia y la elongación después de la ruptura, propiedades que deben cumplir con los requerimientos especificados en las normas EN 876, EN 895, EN 10002-1 y EN 10120. Las pruebas de tensión se realizan en diversas formas tanto en el material base como en el material de aporte de la soldadura de los cilindros y se llevan a cabo en diferentes direcciones, como se aprecia en la Ilustración 4-60.

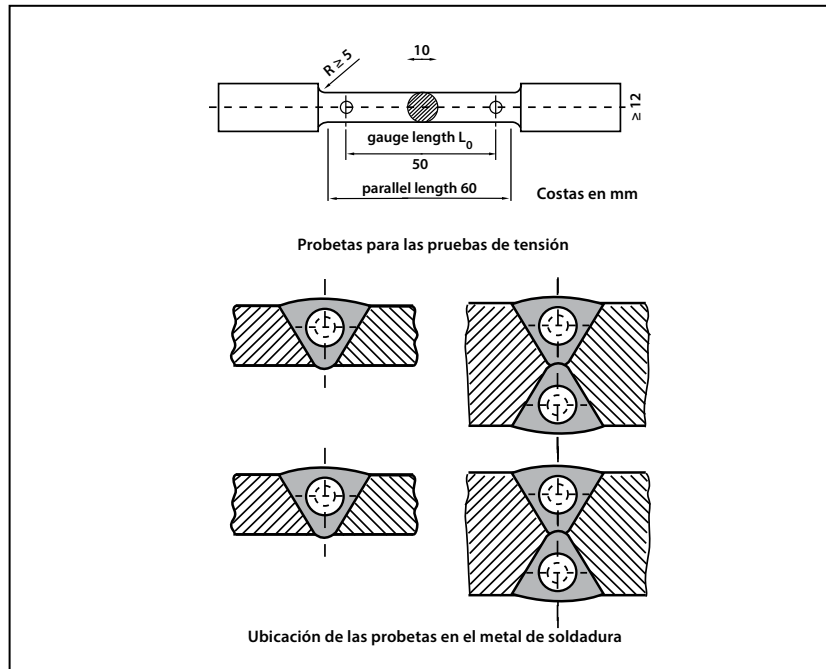
Estas pruebas se llevan a cabo utilizando una máquina de tensión universal, la cual sujeta los extremos de las probetas por medio de unas mordazas para aplicar las fuerzas de tensión, permitiendo medir la fuerza, la elongación y la velocidad de aplicación de las fuerzas. Las probetas se caracterizan porque sus extremos están diseñados para ser sujetados por las mordazas, mientras que la medición de la elongación se realiza en unos puntos del cuello de la probeta separados por una distancia de 50 mm y ubicados simétricamente con respecto al centro de la probeta, como lo muestra la Ilustración 4-61.

Ilustración 4-60. Ubicación de las probetas para las pruebas de tensión de los materiales de los contenedores de gas LPG

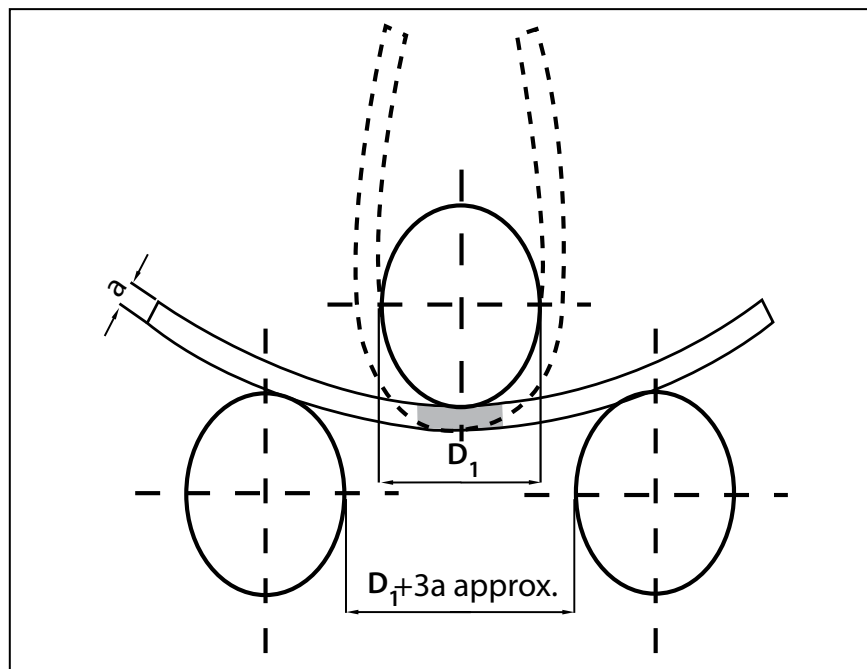


"Modified from regulation No. 67: Uniform provisions concerning the approval of: I. Approval of specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system. II. Approval of vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Otras pruebas que se realizan en los materiales que conforman los tanques metálicos son las pruebas de flexión. Estas pruebas consisten en someter a flexión unas muestras que contienen tanto una parte del material base y una parte del material de aporte de la soldadura (ver Ilustración 4-60), colocando las muestras en medio de dos soportes para poder así aplicar una fuerza en medio generando la flexión, como se puede apreciar en la Ilustración 4-62. Es importante mencionar que se deben realizar dos ensayos, ya que se deben someter a tensión por flexión tanto las fibras internas como las externas del tanque. Las pruebas se llevan a cabo según las especificaciones de las normas ISO 7438:2005, ISO 7799:1985 y EN 910. Al final, no deben aparecer grietas en la probeta a lo largo de la distancia comprendida entre los soportes (ver Ilustración 4-62).

Ilustración 4-61. Probetas para las pruebas de tensión del metal de soldadura

Esta figura muestra la forma de las probetas para los ensayos de tensión del metal de la soldadura según las especificaciones de la norma EN 10002-1. Modificada de Rules for classification and construction: Materials and welding, por Germanischer Lloyd Aktiengesellschaft, 2000, p.5-2. Reproducida con permiso.

Ilustración 4-62. Prueba de flexión del material de los cilindros de gas LPG metálicos

"From regulation No. 67: Uniform provisions concerning the approval of: I. Approval of specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system. II. Approval of vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Otra prueba que se realiza en los contenedores metálicos es una prueba de estallido a causa de la presión hidráulica, presión que bajo ninguna circunstancia debe ser menor a $6,750 \text{ kPa}_{\text{man}}$. Esta prueba consiste en aumentar la presión en el cilindro hasta que éste explota, lo cual se lleva a cabo para comprobar que no se produzca ninguna fragmentación del cilindro cuando explota. Además, se analiza la fractura del cilindro con el fin de determinar que se presenten ciertas características de la falla del material, como por ejemplo: la fractura no debe presentar bordes brillantes pero sí debe tener una reducción del área a través del espesor de la pared y la fractura no debe revelar ningún defecto inherente del material.

También se realizan pruebas hidráulicas a fin de determinar que los contenedores están hechos a prueba de fugas. Para ello se someten los contenedores a una presión hidráulica interna de $3,000 \text{ kPa}_{\text{man}}$. El tanque debe ser capaz de soportar la presión sin que se presenten fugas y sin deformarse permanentemente; además, debe mantener la presión el tiempo suficiente para establecer que la presión no se está reduciendo, con lo cual se garantiza que es a prueba de fugas.

Los tanques de materiales compuestos también son sometidos a las siguientes pruebas adicionales: prueba de ciclos de presurización a temperatura ambiente, prueba de ciclos de presurización a alta temperatura, prueba de fugas externas, prueba de permeación, prueba de ciclos de llenado con gas LPG y a una prueba termofluencia.

Prueba de ciclos de presurización a temperatura ambiente: este ensayo consiste en someter el tanque a 20,000 ciclos de presurización, con una frecuencia no mayor a 10 ciclos/minuto, utilizando para ello un fluido no corrosivo. Al cabo de los 10,000 ciclos no deben presentarse fugas. Después de ello se siguen aplicando ciclos de presurización para corroborar que se presenten fugas en el tanque antes de su falla, ya que no es permitido que, después de los primeros 10,000 ciclos, el tanque falle repentinamente sin presentar fugas previas.

En el ensayo de ciclos de presurización a alta temperatura se aplican 3,600 de ciclos de presurización a una temperatura de 65°C y a una frecuencia no mayor que 10 ciclos/minuto. Luego, el contenedor se somete a una prueba de fugas externas y a una prueba de ruptura a causa de la presión. Para que el contenedor cumpla con los requerimientos debe poder satisfacer los requerimientos de la prueba de fugas externas y estallar al menos al 85% de la presión de estallido.

También se lleva a cabo una prueba para detectar fugas externas mientras el tanque esté bajo una presión de $3,000 \text{ kPa}_{\text{man}}$, para lo cual el contenedor debe ser sumergido en una solución de agua jabonosa que permita detectar alguna fuga. El contenedor no debe presentar fugas para satisfacer los requerimientos.

Por otro lado, en el ensayo de permeación se llena el tanque con gas propano a un 80% de su capacidad de almacenar agua, manteniendo el tanque a 40°C hasta que se observe una tasa de permeación²³ estable por lo menos durante 500 horas. Entonces, la pérdida de gas debe ser menor a 0.15 g/h para que el tanque cumpla con lo requerido.

²³ Esta tasa muestra el flujo de gas que traspasa o permea el tanque.

Los contenedores hechos de materiales compuestos también son sometidos a una prueba de ciclos de gas LPG. Esta prueba consiste en realizar ciclos de presurización a temperatura ambiente, de la misma forma indicada anteriormente. Al finalizar los ciclos se inspecciona la interface entre la conexión del dispositivo de regulación de la presión al tanque y el cilindro impermeabilizante, a fin de corroborar que en dicha zona no exista deterioro, grietas producidas por fatiga ni cargas electrostáticas.

Tabla 4-29. Temperatura de prueba y tiempo de duración de la prueba de termofluencia

Temperatura (°C)	Tiempo de exposición (h)
100	200
95	350
90	600
85	1000
80	1800
75	3200
70	5900
65	11000
60	21000

"Modified from regulation No. 67: Uniform provisions concerning the approval of: I. Approval of specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system. II. Approval of vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

El ensayo de termofluencia se lleva a cabo únicamente en los tanques hechos de una matriz de resina que tiene una temperatura de transición vítrea (T₀) menor a 50 °C. Esta prueba consiste en presurizar el tanque a 3,000 kPaman y someterlo a una temperatura específica que depende del tiempo de duración deseado de la prueba, como lo muestra la Tabla 4-29. Al finalizar la prueba de termofluencia el incremento del volumen del tanque no debe ser mayor a un 5%. Además, los tanques deben cumplir con los requisitos de las pruebas de fugas externas y de estallido a causa de la presión hidráulica, por lo que también se deben realizar tales ensayos.

Los tanques de metal también deben ser sometidos a unas pruebas no destructivas para inspeccionar la soldadura. Esas pruebas constan de radiografías, inspecciones macroscópicas y exámenes de la parte externa de la soldadura.

Las radiografías se llevan a cabo con el fin de descartar que la soldadura de los tanques posea grietas, que se haya dado una penetración inadecuada o que se haya realizado el soldeo inadecuadamente. Además, en los exámenes de las radiografías se utilizan unos indicadores de la calidad de la imagen para poder estimar el tamaño de los defectos observados y permiten estandarizar las pruebas radiográficas. Por lo tanto, de acuerdo con esta regulación cuando se utiliza un indicador del tipo de alambre²⁴, el hilo más pequeño visible no debe tener un diámetro mayor a 0,10 mm, mientras que cuando se utiliza un indicador de tipo escalonado y agujereado²⁵, el agujero más pequeño visible no debe tener un diámetro mayor a 0,25 mm.

²⁴ Este tipo de indicador consta de varios alambres de diferentes diámetros que se colocan de forma paralela, permitiendo así estimar el diámetro de las grietas.

²⁵ Los indicadores escalonados y agujerados constan de una placa con diferentes escalones con agujeros, siendo el tamaño de los agujeros congruente con el espesor de cada escalón.

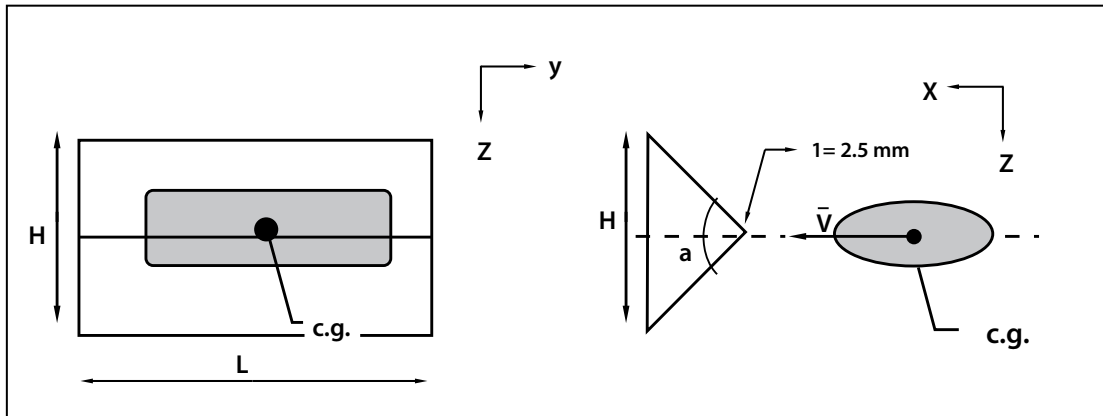
El examen macroscópico se realiza en una sección transversal completa de la soldadura. Este examen consiste en aplicarle un ácido a la sección transversal de la soldadura, para poder revelar ciertos defectos permitiendo observarlos con facilidad. Se considera que el proceso del soldeo se llevó a cabo de forma satisfactoria si no se presenta ningún tipo de defecto de montaje y no se observan inclusiones significativas, entre otros defectos.

También se realiza un examen en el exterior de la soldadura para recipientes metálicos. Esta inspección se lleva a cabo cuando la soldadura se ha completado con el objetivo de verificar que la fusión del metal soldado con el metal base haya quedado lisa y libre de ciertas reacciones químicas. Tampoco debe haber grietas, muescas o parches porosos en la superficie soldada ni en la superficie adyacente, ya que la superficie soldada debe ser lisa y uniforme.

Los tanques hechos de materiales compuestos también deben ser sometidos a unas pruebas de inflamabilidad, de impacto, de caída libre, del torque del dispositivo de regulación de presión, de resistencia a un ambiente ácido y de resistencia a los rayos ultravioleta.

La prueba de inflamabilidad se realiza para demostrar que el sistema de protección de un tanque específico puede prevenir que el tanque explote cuando está sometido a ciertas condiciones de fuego. En esta prueba se llena el contenedor al 80% del volumen con gas LPG y se coloca en posición horizontal sobre una fogata de forma que se eleve la temperatura de la parte inferior del contenedor hasta 590 °C y se mantiene dicha temperatura por el resto de la prueba, la cual termina cuando el tanque deja de estar sobre-presurizado. Entonces, para que el tanque cumpla con los requisitos no debe estallar, su presión no debe subir más de 3,700 kPa_{man'}, no debe ocurrir deformación plástica a presiones que van desde los 2,700 kPa_{man} a los 3,700 kPa_{man'}, no debe observarse ningún comportamiento que no cumpla con lo especificado por el fabricante, no debe liberarse gas LPG durante los primeros 2 minutos de haberse iniciado la prueba y el flujo de gas LPG que se filtra no debe ser mayor a 30 litros/min.

En la prueba de impacto se proyecta un recipiente lleno contra una cuña a una velocidad de 50 km/h viajando de forma paralela al eje longitudinal al vehículo y en la misma posición en que iría montado en el vehículo, procurando que el centro de gravedad del tanque impacte el centro de la cuña (ver Ilustración 4-63). El recipiente debe contener un líquido de manera que su peso equivalga al 80% del peso del gas LPG. Después del impacto, el contenedor debe pasar satisfactoriamente una prueba de fugas externas como fue mencionado anteriormente.

Ilustración 4-63. Descripción del proceso para la prueba de impacto de tanques de materiales compuestos

"From regulation No. 67: Uniform provisions concerning the approval of: I. Approval of specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system. II. Approval of vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La prueba de caída libre se realiza a temperatura ambiente y el tanque no debe estar presurizado y no debe tener válvulas. El ensayo consiste en dejar caer el tanque en una superficie horizontal de concreto liso desde una altura de 2 m (medidos desde la parte más baja del contenedor) y se realiza varias veces, para dejarlo caer en varias posiciones: horizontal, vertical y a un ángulo de 45°. Al finalizar el ensayo los tanques deben ser capaces de cumplir con los requerimientos de la prueba de ciclos de presurización a temperatura ambiente.

Por otro lado, también se lleva a cabo un ensayo de torsión de la conexión del dispositivo regulador de presión al tanque. La prueba consiste en someter esa conexión al doble del torque requerido para conectar el dispositivo regulador de presión, según lo especifique el fabricante. El torque se aplica en ambas direcciones. Al final se somete el tanque a la prueba de fugas externas para corroborar que tenga la adecuada resistencia.

Otra prueba que se realiza es la prueba de exposición a un ambiente ácido. Esta consiste en colocar en una solución de ácido sulfúrico el tanque de gas LPG presurizado a 3,000 kPa_{man} durante 100, cubriendo con el ácido por lo menos un 20% del total de su área. Después se somete el tanque a la prueba de estallido por la presión hidráulica, en la que éste debe poder soportar por lo menos el 85% de la presión a la cual estalló en la prueba descrita previamente.

Por último, los tanques son expuestos a rayos ultravioleta. Este ensayo se lleva a cabo porque cuando un contenedor se somete directamente a la luz solar, la radiación ultravioleta puede degradar los materiales poliméricos, por lo que se debe probar la capacidad de la capa externa del material para soportar la radiación ultravioleta durante un periodo de 20 años. Al cabo de los 20 años de prueba, el recubrimiento tiene que permanecer íntegro. Además, si la capa exterior también tiene una función mecánica (debe soportar cargas), el recipiente también debe cumplir con los requerimientos de la prueba de estallido a pesar de haber sido expuesto a tal periodo de radiación ultravioleta.

Por su parte, las pruebas operacionales son diversos ensayos que se realizan para que los componentes cumplan con su función correctamente o que resistan ciertas condiciones de operación. Debido a ello hay algunas pruebas específicas para ciertos accesorios como los ensayos de las válvulas de alivio y de las válvulas de exceso de flujo²⁸, pero también se realizan pruebas de velocidad de carga, de durabilidad y de vibración, como se describe a continuación:

1. **Pruebas de las válvulas de alivio:** las válvulas de alivio²⁹ son sometidas a unas pruebas de presión de inicio de descarga y de reasentamiento y a pruebas de capacidad de flujo, y se realizan aplicando una presión aerostática.

La prueba de la presión de inicio de la descarga y de reasentamiento consiste en aplicar la presión de alivio para corroborar que ésta está entre el rango 95% - 105% de la presión indicada en el cuerpo de la válvula y para comprobar que la presión de reasentamiento (presión a la cual la válvula se vuelve a cerrar) no debe ser menor al 50% de la presión de inicio de la descarga. Cabe destacar que para determinar la presión de reasentamiento de la válvula de alivio se instalan en la línea de suministro una válvula de retención, un empaque de agua y un manómetro; entonces, una vez que se cierra la válvula de retención, se observa el empaque de agua y se considera como la presión de reasentamiento a la presión a la cual se forman burbujas a través del empaque de agua. Esta prueba debe realizarse al menos dos veces antes de realizar el ensayo de la capacidad del flujo.

La prueba de capacidad del flujo consiste en medir el flujo que circula por la válvula cuando ella se abre. Para medirlo se debe utilizar un flujómetro de orificio³⁰, un barómetro para medir la presión atmosférica absoluta, un termómetro para aplicar un factor de corrección por temperatura y unos manómetros para determinar la presión a la cual se abre súbitamente la válvula, la presión de reasentamiento y el diferencial de presión entre el flujómetro. El flujómetro se instala en la línea de suministro, pero se debe procurar que no se produzcan perturbaciones que puedan afectar las mediciones, por lo que se deben instalar unos tubos lo suficientemente largos antes y después del flujómetro para asegurar que no se produzcan tales perturbaciones. Una vez tomadas todas las variables simultáneamente se procede a calcular el flujo como lo indica la ecuación (XV).

$$Q = \frac{F_b \cdot F_t \cdot \sqrt{(0.1 \cdot h \cdot p)}}{60} \quad (XV)$$

²⁸ Las válvulas de exceso de flujo se cierran automáticamente cuando se sobrepasa una tasa establecida.

²⁹ Las válvulas de alivio liberan la presión del gas cuando se sobrepasa cierto valor, lo cual se lleva a cabo permitiendo que el gas escape del contenedor.

³⁰ Este instrumento es una placa con un agujero de diámetro conocido, permitiendo llevar a cabo el cálculo del flujo al utilizar un factor de corrección asociado al tamaño del agujero.

Los componentes de los tanques también son sometidos a diversas pruebas, pero en algunos casos no es necesario realizar todos los ensayos, porque eso depende de la presión que soportan y de su uso. Entre las pruebas se encuentran: sobrepresurización, fugas externas, alta temperatura, baja temperatura, fugas en el asiento, durabilidad, operación, compatibilidad, resistencia a la corrosión, resistencia al calor seco, resistencia al ozono, de termofluencia, ciclos de temperatura y compatibilidad con el fluido de intercambio de calor.

La prueba de sobrepresurización consiste en someter los componentes a una presión hidráulica 2.25 veces mayor que la presión de operación máxima, por lo menos durante un minuto. Los componentes deben ser capaces de soportar tal presión sin sufrir deformaciones permanentes y sin romperse.

En la prueba de fugas externas se sumerge el componente en agua y se aplica una presión aerostática 1.5 o 2.25 veces mayor que su máxima presión de operación, según sea el componente en estudio. Para que el componente cumpla con lo requerido no se deben observar fugas a través de su cuerpo ni en los empaques. Además, los componentes hechos de hierro colado no deben mostrar porosidades.

Por otro lado, la prueba a alta temperatura consiste en acondicionar los componentes a la máxima temperatura de operación del fluido (65°C o 120°C según sea el caso) durante 8 horas, utilizando la misma presión de la prueba de las fugas. Después de ese periodo el accesorio no debe tener fugas mayores a 15 cm³/h.

Similarmemente, en la prueba de baja temperatura se sigue el mismo procedimiento y se exigen los mismos requisitos, con la diferencia de que se aplica una temperatura de -20°C.

Las pruebas del asiento²⁶ de los accesorios se llevan a cabo en las válvulas de servicio o en las unidades de llenado del taque y se realiza después de que tales componentes han sido sometidos a la prueba de fugas externas. Estas pruebas consisten en mantener el sistema cerrado mientras se aplica presión aerostática. Luego se mide el flujo de aire que se fuga por el asiento del accesorio, lo cual se puede realizar conectando un cilindro invertido calibrado que permita medir la diferencia de volumen a la salida de una válvula o conectando un flujómetro a la entrada. El criterio de aceptación o rechazo depende del tipo de componentes a analizar. Por ejemplo, el asiento de las válvulas de retención provistas de un asiento metálico no debe presentar fugas superiores a los 0.50 dm³/h cuando está cerrada y está sometida a una presión de prueba entre 1.5 y 2.25 veces la presión de trabajo según sea el caso; mientras que una válvula de alivio no debe presentar ninguna fuga interna cuando se aplica una presión de 2,300 kPa_{man} o la presión de trabajo.

En la prueba de durabilidad se someten los accesorios a ciclos de apertura y cerrado, pero la cantidad de ciclos utilizados depende del componente a estudiar, la presión y/o la temperatura.

Por ejemplo, para analizar las válvulas de interrupción al 80%²⁷ tiene que soportar 6,000 ciclos de llenado completos hasta el máximo nivel de llenado. Al finalizar los ciclos, los componentes deben ser capaces de aprobar las pruebas de fugas externas y de fugas en el asiento.

²⁶ El asiento de los accesorios es la zona en la que se conectan con otras partes de la línea de gas LPG.

²⁷ Como su nombre lo indica, las válvulas de interrupción al 80% detienen por completo el flujo de llenado de los tanques cuando estos han alcanzado el 80% de su capacidad.

Donde Q es el flujo de aire a $100 \text{ kPa}_{\text{abs}}$ y a 15°C medido en m^3/min , F_b es el factor del orificio del flujómetro a una presión de aire de $100 \text{ kPa}_{\text{abs}}$ y una temperatura de 15°C , F_t es el factor de corrección de temperatura del aire para corregir la temperatura de medición a una temperatura base de 15°C , h es el diferencial de presión a través del orificio, p es la presión absoluta a la cual fluye el aire y 60 es un factor de corrección para pasar la medición de m^3/h a m^3/min .

De forma subsecuente a las pruebas de la capacidad de flujo, se vuelven a realizar las mediciones de la presión de inicio de la descarga y de reasentamiento, ya que es requerido que la presión de inicio de la descarga sea de al menos el 85% de la presión medida previamente, mientras que la presión de reasentamiento debe ser de al menos el 80%.

2. **Prueba de funcionamiento de la válvula de exceso de flujo:** este tipo de válvulas debe trabajar a no más del 10% sobre el flujo de cierre indicado y no menos del 20% del mismo. Además, ellas se deben cerrar automáticamente a una presión diferencial no mayor a $100 \text{ kPa}_{\text{man}}$. Para comprobar que ellas trabajen de acuerdo con los requerimientos establecidos se lleva a cabo una prueba que consiste en medir el flujo y la presión a la cual se da el cierre. Para ello, si las válvulas se prueban con aire, se conecta la válvula a un flujómetro de orificio y un manómetro a la entrada de la válvula; mientras que si las válvulas se prueban con agua se conecta un flujómetro líquido y un piezómetro a la entrada de la válvula.
3. **Prueba de la velocidad de carga:** esta prueba se lleva a cabo para verificar el adecuado funcionamiento del dispositivo de llenado del tanque y simplemente consiste en determinar si éste puede operar a los flujos de 20, 50 y 80 l/min o al flujo máximo de entrada a una presión de $700 \text{ kPa}_{\text{abs}}$.
4. **Durabilidad del limitador de llenado:** de forma similar a la válvula de interrupción al 80%, el limitador de llenado es sometido a una prueba de durabilidad en la que se aplican 6,000 ciclos completos al máximo grado de llenado.
5. **Prueba de vibraciones:** las pruebas de vibraciones se llevan a cabo con el limitador de llenado sujeto de la misma forma en que iría montado en el tanque. Estas pruebas consisten en someter el elemento a vibraciones en los tres ejes coordinados. Estas pruebas se pueden llevar a cabo por medio de dos métodos:
 - **Método A:** se llevan a cabo pruebas para determinar las frecuencias de resonancia y se escogen las más severas. Luego se somete el limitador de llenado a las vibraciones de resonancia más severas durante 30 minutos, con una aceleración de 1.5 G . Posteriormente, se somete el componente a vibraciones sinusoidales durante 3 horas, también a una aceleración de 1.5 G , con frecuencias que se hayan dentro del rango dentro del rango 5 a 200 Hz y con un tiempo de barrido de 12 minutos.
 - **Método B:** se somete el elemento a vibraciones sinusoidales durante 5 horas y a una aceleración de 1.5 G , con frecuencias que se hayan dentro del rango dentro del rango 5 a 200 Hz y con un tiempo de barrido de 12 minutos.

Al finalizar esas pruebas de vibraciones el componente no debe presentar fallas mecánicas y debe cumplir con los requerimientos del grado de llenado en la posición de corte, la tasa de llenado permitida en la posición de corte y no debe exceder los límites prescritos en más de un 10%.

Los accesorios hechos con materiales sintéticos son sometidos a una prueba de compatibilidad con el gas LPG, la cual consiste en sumergirlos en un medio de n-pentano durante 72 horas a temperatura ambiente, para determinar que no ocurra un cambio de volumen o pérdida de peso excesivos. Las partes cumplirán satisfactoriamente con las pruebas si al final el cambio del volumen no supera un 20%. Luego se almacena la pieza durante 48 horas a una temperatura de 40°C para determinar la masa, la cual no debe disminuirse en más de un 5%.

Por su parte, los componentes metálicos son sometidos a una prueba de resistencia a la corrosión. El ensayo consiste en colocar los componentes dentro de una cabina en la que se controla la temperatura para mantener una atmósfera a 35°C o 50°C, según sea el tipo de metal a evaluar. La cabina debe tener un dispositivo que permita rociar una solución salina (de acuerdo con la norma ISO 9227) y se mantiene el dispositivo bajo tales condiciones por un periodo de tiempo de 24 o 144 h, según sea el caso. Al finalizar la prueba los componentes deben ser capaces de cumplir con los ensayos de sobrepresurización, de fugas externas, de alta temperatura y de baja temperatura.

En la prueba de resistencia al calor seco se expone el componente durante 168 horas a aire a su máxima temperatura de operación, con el fin de estudiar la resistencia de los componentes poliméricos de los accesorios. Al finalizar la prueba, la resistencia a la tensión no debe exceder 25% y la elongación última no debe aumentar en más de un 10% ni verse disminuida en más de un 30%.

Los componentes con partes poliméricas también son sometidos a un ensayo de envejecimiento a causa del ozono. En esta prueba se someten las partes poliméricas a una atmósfera con una concentración de ozono de 50 ppm y a una temperatura de 40°C durante 72 horas. Al finalizar la prueba no se debe observar agrietamiento.

Los componentes no metálicos que ayudan a contener el gas LPG también son sometidos a una prueba de termofluencia. En este ensayo se somete el componente a una temperatura de 120°C y a una presión 2.25 veces más alta que la presión de operación durante 96 horas.

A las partes no metálicas también se les aplica una prueba de resistencia a los ciclos de temperatura. En este ensayo se someten las partes a la máxima y mínima temperatura de operación por periodos de 120 minutos durante 96 horas, bajo la máxima presión de operación. Al finalizar este ensayo, las partes deben superar las pruebas de fugas externas, de fugas a alta temperatura y de fugas a baja temperatura.

Por último, las partes no metálicas son sometidas a una prueba de resistencia a los fluidos de intercambio de calor. Este ensayo consiste en sumergir las partes no metálicas en un medio de intercambio de calor durante 168 horas y a una temperatura de 90°C, medio que está compuesto de 50% de agua y 50% de etilenglicol. Una vez que el componente está seco, se mide el volumen, la masa, la resistencia a la

tensión y la elongación máxima. Entonces, el componente cumplirá con lo requerido si el cambio del volumen es menor al 20%, el cambio de la masa es menor al 5%, el cambio en la resistencia a la tensión es menor al -25% y la elongación máxima antes de la ruptura se mantiene entre el rango -30% a 10%.

ECE 73 (Dispositivos anti-incrustamiento laterales)

En esta regulación se especifican los requerimientos de los dispositivos anti-incrustamiento laterales que se colocan en los vehículos de carga pesada.

Los dispositivos de protección lateral o anti-incrustamiento lateral (LPD por sus siglas en inglés) consisten en un elemento longitudinal conectado a los lados del chasis u otra parte estructural del vehículo de carga pesada, diseñado para ofrecer una efectiva protección a los usuarios de la carretera contra el riesgo de incrustarse o colisionar bajo los lados de un vehículo de carga pesada y por lo tanto quedar bajo las llantas.

Los LPD deben cumplir con ciertos requerimientos dimensionales. Por ejemplo: los LPD no deben incrementar el ancho del vehículo y su superficie externa debe ser lisa y continua; sin embargo, las partes adyacentes pueden superponerse, siempre y cuando el borde de superposición mire hacia atrás o hacia abajo, y la brecha no sea mayor a 25 mm medidos longitudinalmente, siempre y cuando la parte posterior no sobresalga por fuera de la parte delantera. Las cabezas de los pernos o remaches deben ser redondeadas y no deben sobresalir de la superficie a una distancia superior a 10 mm y otros elementos que sobresalgan dentro de dicho margen deben ser lisos y redondeados. Además, el LPD puede estar hecho por medio de una superficie continua y plana, por medio de barras horizontales o una combinación de superficie y barras, pero cuando se utilizan barras éstas no deben estar separadas más de 300 mm entre sí y no menos de:

- a) 50 mm de alto en caso de vehículos de categorías N_2 y O_3
- b) 100 mm de alto y plano en el caso de vehículos de categorías N_3 y O_4

Existen otros requerimientos dimensionales que varían de acuerdo con la forma de los vehículos, pero no se entrará en el detalle de cada uno de ellos. Por otro lado, el LPD de ser rígido, debe estar montado de forma segura (debe ser resistente a la vibración durante el uso normal del vehículo) y hecho de metal u otro material con las mismas características de resistencia.

Para comprobar que sea lo suficientemente resistente, el LPD es sometido a una prueba de resistencia estática. Esta prueba consiste en aplicar una fuerza de 1 kN por medio de un pistón, fuerza que se aplica perpendicularmente en cualquier parte de su superficie externa y cuya línea de acción pasa por el centro del pistón, el cual debe tener un diámetro de 220 mm. La resistencia del LPD se considerará satisfactoria si éste no se deflecta más de 30 mm en los últimos 250 mm de su longitud y si no se deflecta más de 150 mm sobre el resto de su superficie. No obstante, también se puede demostrar el cumplimiento con tales requerimientos por medio de cálculos matemáticos.

Por último, el LPD no debe ser utilizado para montar las tuberías de freno, aire o hidráulica y debe ser diseñado para poder ser instalado en distintas posiciones en los costados del vehículo. En este caso,

debe existir una posición que garantice la inmovilización del LPD durante el funcionamiento normal del vehículo, de modo que se impida cualquier cambio accidental de la posición. La fuerza aplicada por el operador para variar la posición del dispositivo no deberá sobrepasar 400 N.

ECE 75 (Llantas neumáticas para motocicletas y scooters)

La presente reglamentación se aplica a las llantas nuevas para los vehículos de las categorías L_1 , L_2 , L_3 , L_4 y L_5 .

A fin de corroborar que las llantas cumplan con los requerimientos estas son sometidas a una prueba de rendimiento y a una prueba de crecimiento dinámico, para lo cual deben estar infladas a la presión especificada por el fabricante.

Prueba de rendimiento

La prueba consiste en someter las llantas a ciertas condiciones de carga y velocidad con el fin de estudiar su desempeño. Para ello se monta la llanta junto con su aro respectivo en un eje y se apoyan sobre la superficie exterior de un tambor de liso de 1,70 m o 2,0 m de diámetro. Luego se aplica en el eje de la llanta una carga igual al 65% de la carga máxima considerando lo siguiente:

- En el caso de los neumáticos para scooters la carga de prueba es de 65% sobre un tambor de ensayo 1,7 m de diámetro y 67% en un tambor de ensayo de 2,0 m de diámetro.
- La presión de la llanta no deberá ser corregida durante la prueba y la carga de ensayo debe mantenerse constante.
- Durante el ensayo, la temperatura en la sala de ensayo debe mantenerse entre 20°C y 30°C.
- El ensayo se debe ejecutar sin interrupción siguiendo los siguientes pasos:
 - o La velocidad inicial del ensayo se debe alcanzar en un lapso de 20 minutos desde el reposo.
 - o Las pruebas iniciales de velocidad dependen del ancho del tambor a utilizar: si se utiliza un tambor de 2 m de diámetro, la velocidad de prueba debe ser 30 km/h menor que la velocidad correspondiente a la categoría de la llanta; y si se utiliza un tambor de 1.7 m la velocidad de prueba debe ser de 40 km/h menos que la indicada en la categoría de la llanta.
 - o Las llantas diseñadas para viajar a velocidades superiores a los 240 km/h deben ser sometidas a una segunda prueba, utilizando para ello una segunda llanta del mismo tipo. En esta prueba la velocidad máxima de ensayo debe ser la velocidad máxima indicada por el fabricante.
- La duración total de la prueba es de una hora, realizada en etapas de 10 min cada una con aumentos de velocidad de 10 km/h.

- Velocidad máxima de prueba: se permite la velocidad nominal máxima según el tipo de llanta siempre y cuando la prueba se realice con un tambor de ensayo de 2 m diámetro. En cambio, si la prueba se realiza con un tambor de prueba de 1,7 m de diámetro la velocidad máxima en la prueba debe ser la velocidad nominal máxima para el tipo de neumático menos 10 km/h.
- En el caso de las llantas para scooters la velocidad de la prueba va desde 0 a 50 km/h en 10 minutos, mientras que la duración a la velocidad de prueba es de 30 minutos.

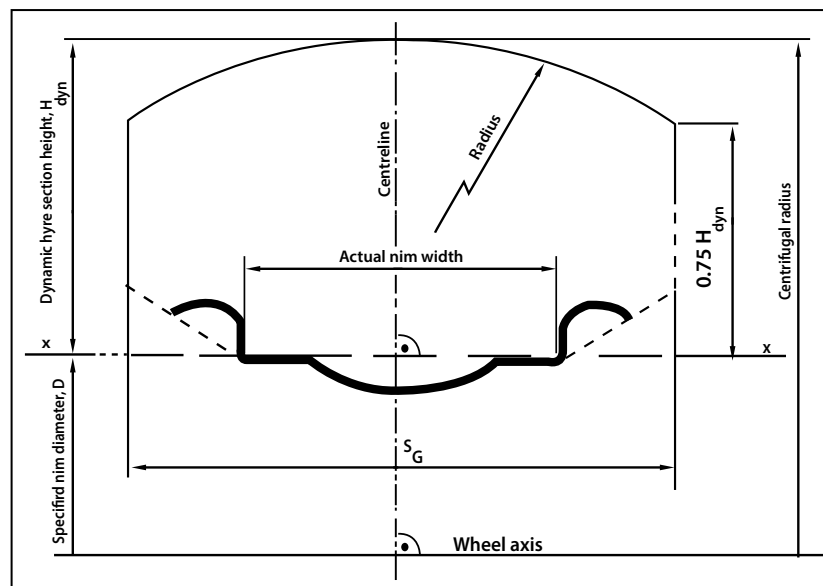
Al finalizar las pruebas las llantas no deben presentar separación de las membranas, separación de las capas de caucho, cuerdas rotas ni desprendimiento de pedazos de material. Además, el diámetro externo medido tres horas después de haberse realizado la prueba no debe diferir en $\pm 3.5\%$ del diámetro medido antes de la prueba. Por último, el ancho no debe ser mayor a ciertos valores predeterminados.

Procedimiento de ensayo para el crecimiento dinámico de los neumáticos

Esta prueba sirve para determinar el crecimiento máximo del neumático bajo la influencia de fuerzas centrífugas a la velocidad máxima admisible. Para realizar esta prueba se utiliza un dispositivo que permita describir claramente el contorno exterior de la sección transversal del neumático (dispositivo de contorno continuo) y se define una curva envolvente como la indicada en la Ilustración 4-64, de acuerdo con los valores indicados en la Tabla 4-30.

En esta prueba se utilizan las llantas que fueron previamente sometidas a la prueba de desempeño. El ensayo consiste en acelerar la llanta a su máxima velocidad permitida. Luego, se posiciona el dispositivo de contorno continuo y se mantiene la velocidad constante para poder obtener una imagen de la sección transversal del neumático en la zona de máxima deformación. Al finalizar la prueba se verifica que la sección transversal del neumático no sobrepase la curva envolvente.

Ilustración 4-64. Curva envolvente de referencia



S_G = Ancho máximo durante el funcionamiento

H_{dyn} = Radio centrífugo - $D/2$

"From regulation No. 75: Uniform provisions concerning the approval of pneumatic tyres for motor cycles and mopeds, © 2010, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-30. Dimensiones de la curva envolvente de referencia

Categoría de velocidad	H dyn (mm)	
	Uso normal	Uso en la nieve o usos especiales
P/Q/R/S	H x 1,10	H x 1,15
T/U/H	H x 1,13	H x 1,18
Sobre los 210 km/h	H x 1,16	-

“From regulation No. 75: Uniform provisions concerning the approval of pneumatic tyres for motor cycles and mopeds, © 2010, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

ECE 78. (Sistemas de frenos de las motocicletas y scooters)

El objetivo de esta regulación es especificar los requerimientos de frenado de los vehículos de las categorías L₁, L₂, L₃, L₄ y L₅, pero no toma en cuenta los vehículos cuya velocidad máxima no sobrepasa los 25 km/h ni los vehículos contruidos para conductores discapacitados.

Antes de explicar las pruebas y los requerimientos es importante dar a conocer los siguientes términos:

- **Sistema de frenos combinado:** es un sistema de frenos en el que al menos dos frenos en diferentes llantas son activados por medio del mismo actuador.
- **Sistema de frenos de potencia asistida:** son aquellos sistemas de frenos que poseen un subsistema que aumenta la fuerza de frenado impartida por el conductor; como por ejemplo, los sistemas asistidos por bombas de vacío.
- **Sistemas de frenos divididos:** son los sistemas de frenos que operan en todas las llantas, pero que poseen varios subsistemas que se activan a través del mismo actuador y que, en caso de que falle algún subsistema, no se produzca el fallo de los otros.

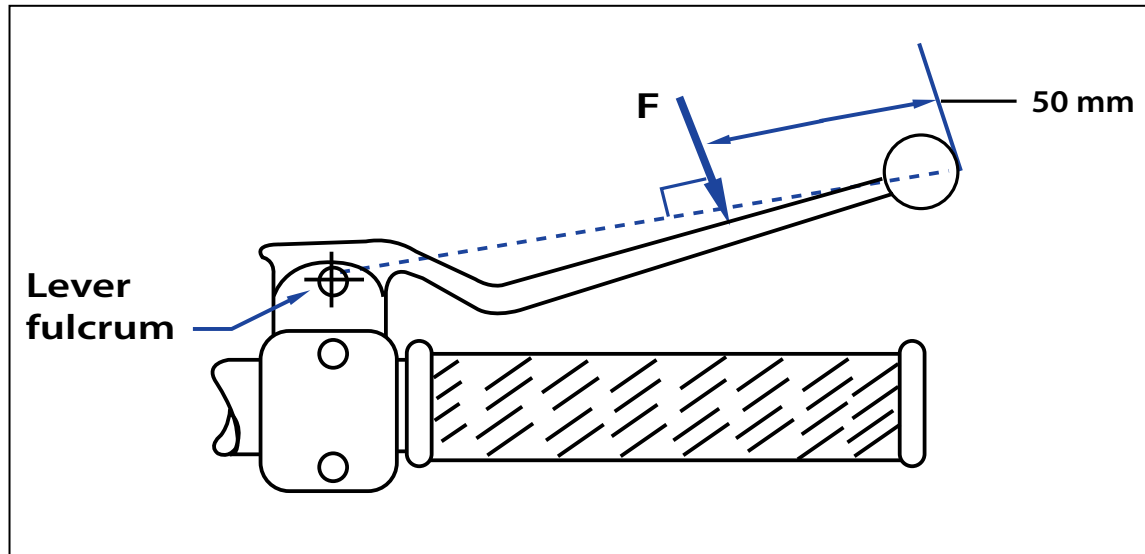
La configuración de los sistemas de frenos debe permitir al piloto accionar el sistema de control de freno mientras se está sentado en la posición de conducción normal y con ambas manos en el control de la dirección. Además, todas las lámparas de señales de advertencia se deben instalar a la vista del conductor.

Los sistemas de frenos de estos vehículos son sometidos a diversos tipos de pruebas: prueba de frenado en seco con un solo freno, prueba de frenado en seco con todos los frenos de servicio, prueba de frenado a alta velocidad, prueba de frenado con los frenos húmedos y pérdida de rendimiento a causa del calentamiento. Además, si los vehículos cuentan con frenos de parqueo, ABS, frenos de servicio divididos y frenos de servicio asistidos, tales sistemas también son sometidos a prueba.

Las pruebas se llevan a cabo en una superficie plana (pendiente $\leq 1\%$) y con un coeficiente de fricción alto (0.9), en una pista cuyo ancho de carril depende del tipo de vehículo, ya que para los vehículos de dos ruedas se necesita un carril de 2.5 m de ancho, mientras que para los vehículos de tres ruedas se necesita un carril de 2.5 m de ancho más el ancho del vehículo.

Es importante mencionar que, en el caso de los frenos que se activan con la mano, la fuerza de activación de los frenos se debe aplicar de manera perpendicular a la línea que une el pivote de la palanca con el extremo externo de la misma, como lo indica la Ilustración 4-65. Además, su línea de acción debe estar a 50 mm del borde externo de la palanca de freno. En el caso de los frenos activados por medio de un pedal, la fuerza de activación se debe aplicar de forma perpendicular y en el centro del pedal.

Ilustración 4-65. Diagrama de aplicación de fuerza sobre control manual de frenado



"From regulation No. 78: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories L₁, L₂, L₃, L₄ and L5 with regard to braking, © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Además, antes de llevar a cabo las pruebas, los frenos deben ser sometidos a un proceso de bruñido que consiste en llevar a cabo 100 maniobras de desaceleración desde una velocidad de 50 km/h o 0.8 V_{max} (el valor que sea menor) hasta 5 o 10 km/h. La magnitud de las desaceleraciones depende del vehículo y del tipo de sistema freno:

- (i) **Solo el freno delantero:**
 - a. 3,0 a 3,5 m/s² para vehículo categorías L₃ y L₄;
 - b. 1,5 a 2,0 m/s² para las categorías de vehículos L₁ y L₂;
- (ii) **Solo el freno trasero:** 1,5 a 2,0 m/s²;
- (iii) **Sistemas de frenos divididos o combinados:** 3,5 a 4,0 m/s²;

Prueba de frenado en seco – control accionado por un solo freno

Esta prueba se realiza tanto para probar el freno de adelante como el freno de atrás, así como los sistemas de frenos combinados. Esta consiste en detener los vehículos desde una velocidad inicial de 40 km/h, 60 km/h o 0.9 V_{max} , dependiendo del tipo de vehículo, teniendo el vehículo cargado y con el motor desconectado.

La temperatura inicial del freno debe estar entre 55°C y 100°C y la magnitud de la fuerza de activación del freno depende del tipo de control y del tipo de vehículo, como se muestra a continuación:

A Control de manos: $F \leq 200 \text{ N}$

B Control de pie:

- i. $F \leq 350 \text{ N}$ para los vehículos de las categorías L_1 , L_2 , L_3 y L_4 ;
- ii. $F \leq 500 \text{ N}$ para la categoría del vehículo L_5

Tabla 4-31. Límites requeridos de las distancias de frenado y desaceleraciones de las motocicletas y scooters

Categoría vehicular	Distancia de frenado (m)	Desaceleración promedio (m/s^2)
Con solo el freno de adelante		
L_1	$S \leq 0.1 V + 0.0111 V^2$	≥ 3.4
L_2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	≥ 2.7
L_3	$S \leq 0.1 V + 0.0087 V^2$	≥ 4.4
L_4	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	≥ 3.6
L_5	No aplica	No aplica
Solo el frenos de atrás		
L_1	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	≥ 2.7
L_2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	≥ 2.7
L_3	$S \leq 0.1 V + 0.0133 V^2$	≥ 2.9
L_4	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	≥ 3.6
L_5	No aplica	No aplica
Vehículos con frenos combinados o frenos de servicio divididos: estando cargados y ligeramente cargados		
L_1 y L_2	$S \leq 0.1 V + 0.0087 V^2$	
L_3	$S \leq 0.1 V + 0.0076 V^2$	
L_5	$S \leq 0.1 V + 0.0077 V^2$	
L_4	$S \leq 0.1 V + 0.0071 V^2$	
Vehículos con frenos combinados - frenos de servicio		
Todas las categorías	$S \leq 0.1 V + 0.0154 V^2$	≥ 2.5

V es la velocidad en Km/h.

"Modified from regulation No. 78: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories L_1 , L_2 , L_3 , L_4 and L_5 with regard to braking, © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Al final, los vehículos deben ser capaces de detenerse en una distancia de frenado menor o igual a la estipulada, o con una desaceleración menor o igual a la estipulada. La distancia de frenado y la desaceleración de referencia dependen del tipo de vehículo, del tipo de sistema de freno y de si el freno es delantero o trasero, tal y como se aprecia en la Tabla 4-31.

Prueba de frenado en superficie seca activando todos los frenos de servicio

Esta prueba se realiza para probar los sistemas de freno de los vehículos de las categorías L_3 , L_4 y L_5 . Esta consiste en detener los vehículos desde una velocidad inicial de 100 km/h, o $0.9 V_{\max}$, dependiendo del tipo de vehículo, teniendo el vehículo ligeramente cargado y con el motor desconectado.

La temperatura inicial del freno debe estar entre 55 °C y 100 °C y la magnitud de la fuerza de activación del freno depende del tipo de control y del tipo de vehículo, como se muestra a continuación:

A Control de manos: $F \leq 250 \text{ N}$

B Control de pie:

- i. $F \leq 400 \text{ N}$ para los vehículos de las categorías L_3 y L_4 ;
- ii. $F \leq 500 \text{ N}$ para la categoría del vehículo L_5

Los sistemas de frenos tendrán un desempeño adecuado si la distancia de frenado alcanzada cumple con el rango $S \leq 0.0060 V^2$, donde V está en km/h.

Prueba de frenado a alta velocidad

Esta prueba se realiza para probar los sistemas de freno de los vehículos de las categorías L_3 , L_4 y L_5 que pueden desarrollar velocidades mayores a los 125 km/h. La velocidad inicial depende de la velocidad máxima que pueden alcanzar, como se indica seguidamente:

Si $125 \text{ km/h} < V_{\max} < 200 \text{ km/h}$, la velocidad de prueba es de $0.8 V_{\max}$

Si $V_{\max} > 200 \text{ km/h}$, la velocidad de prueba es de 160 km/h

En esta prueba los vehículos deben estar ligeramente cargados y con el motor acoplado a la marcha más alta.

La temperatura inicial del freno debe estar entre 55 °C y 100 °C y la magnitud de la fuerza de activación del freno depende del tipo de control y del tipo de vehículo, como se muestra a continuación:

A Control de manos: $F \leq 200 \text{ N}$

B Control de pie:

- i. $F \leq 350 \text{ N}$ para los vehículos de las categorías L_3 y L_4 ;
- ii. $F \leq 500 \text{ N}$ para la categoría del vehículo L_5

Los sistemas de frenos tendrán un desempeño adecuado si la distancia de frenado alcanzada cumple con el rango $S \leq 0.1 V + 0.0067 V^2$, donde V está en km/h, o la desaceleración debe ser mayor o igual a 5.8 m/s^2 .

Prueba de frenado con los frenos húmedos

La prueba consiste en dos etapas que se llevan a cabo consecutivamente para cada freno. En la primera se realiza un ensayo de frenado con solo un freno. En la segunda, se realiza una prueba de frenado pero rociando el freno con agua para simular las condiciones de frenado húmedas, rociando agua a una razón de 15 L/h.

La primera prueba, la de frenado en seco con un solo freno, se lleva a cabo de la manera descrita anteriormente pero procurando alcanzar una tasa de desaceleración que está entre 2.5 y 3.0 m/s^2 . Este ensayo se realiza con el fin de determinar la fuerza de frenado promedio, la desaceleración promedio y la desaceleración máxima.

La prueba de frenado en condiciones húmedas se realiza a la misma velocidad de prueba utilizada en el ensayo anterior. Después de haber avanzado una distancia mayor o igual a 500 m se aplica la fuerza de frenado promedio medida anteriormente, y se mide la desaceleración.

El desempeño de frenado en condiciones húmedas se considera satisfactorio si la desaceleración promedio es mayor o igual al 60% de la desaceleración promedio en condiciones secas, y si la desaceleración máxima es menor o igual al 120% de la desaceleración máxima en condiciones secas.

Prueba de degradación del desempeño a causa del calentamiento

Esta prueba se lleva a cabo solo en los vehículos de las categorías L_3 , L_4 y L_5 y se divide en tres etapas consecutivas, todas con el vehículo cargado. Primero se hace una prueba de frenado en seco con un solo freno, luego se lleva a cabo un proceso de calentamiento de los frenos y por último se realiza una prueba de frenado con los frenos calientes.

La prueba de frenado en seco con un solo freno se realiza, para cada freno del vehículo. La velocidad inicial de prueba es de 60 km/h o $0.9 V_{\text{max}}$, lo que sea menor. La temperatura inicial del freno debe estar entre 55 °C y 100 °C y la magnitud de la fuerza de activación del freno depende del tipo de control y del tipo de vehículo, como se muestra a continuación:

A Control de manos: $F \leq 200 \text{ N}$ **B Control de pie:**

- i. $F \leq 350 \text{ N}$ para los vehículos de las categorías L_3 y L_4
- ii. $F \leq 500 \text{ N}$ para la categoría del vehículo L_5

El calentamiento de los frenos se realiza a través de 10 acciones de frenado en intervalos de 1,000 m, aplicando desaceleraciones que están entre 3.0 y 3.5 m/s². Además, para los frenos delanteros y para los sistemas de frenos combinados se utiliza una velocidad de prueba de 100 km/h o $0.7 V_{\max}$, mientras que para los frenos traseros la velocidad de prueba es de 80 km/h o $0.7 V_{\max}$ (lo que sea menor).

Un minuto después de haberse terminado los ciclos de calentamiento de los frenos, se lleva a cabo la prueba de frenado en caliente bajo las mismas condiciones de la prueba de frenado en seco.

El desempeño de los frenos será aceptable si la distancia de frenado queda dentro del rango $S_2 \leq 1.67 S_1 - 0.67 \times 0.1V$, donde S_2 es la distancia de frenado en caliente y S_1 la distancia de frenado en seco. Además, la desaceleración promedio debe ser mayor o igual al 60% de la desaceleración promedio medida en el ensayo de frenado en seco.

Prueba de funcionamiento del freno de parqueo

La prueba consiste en colocar el vehículo en una pendiente de 18%, con los frenos a una temperatura menor o igual a 100°C. La fuerza de actuación de los frenos debe ser menor o igual a 400 N para los frenos de mano o menor o igual a 500 N para los frenos de pedal.

Si el freno logra mantener estático el vehículo durante al menos 5 minutos, cuando el vehículo está colocado viendo hacia arriba y también viendo hacia abajo, se considera que el freno de parqueo es adecuado.

Prueba de los frenos ABS

Para probar el desempeño de los frenos ABS se llevan a cabo seis pruebas distintas:

- i. Frenado en una superficie con un alto coeficiente de fricción.
- ii. Frenado en una superficie con un bajo coeficiente de fricción.
- iii. Chequeo del bloqueo de las llantas en superficies con altos y bajos coeficientes de fricción.
- iv. Chequeo del bloqueo de las llantas en la transición de una superficie con un alto coeficiente de fricción a una con un bajo coeficiente de fricción.

v. Chequeo del bloqueo de las llantas en la transición de una superficie con un bajo coeficiente de fricción a una con un alto coeficiente de fricción.

vi. Frenado simulando la falla eléctrica de los frenos ABS.

Para la prueba de frenado en una superficie con un coeficiente de fricción alto se requiere tener una superficie plana, nivelada y con un coeficiente de fricción pico de frenado de 0.9. La velocidad de prueba debe ser 60 km/h o $0.9 V_{\max}$ (cualquiera que sea el valor menor) y se deben aplicar los frenos procurando que se cumplan los ciclos completos de los frenos ABS, accionando los frenos de todas las llantas simultáneamente. Al final la distancia de frenado debe ser menor o igual a $0.0063 V^2$ o la desaceleración promedio debe ser mayor o igual a 6.17 m/s^2 y no debe presentarse el bloqueo de las llantas que están equipadas con los frenos ABS.

Por el contrario, para la prueba de frenado en una superficie con un coeficiente de fricción bajo se requiere tener una superficie plana, nivelada y con un coeficiente de fricción pico de frenado menor o igual a 0.45. La velocidad de prueba debe ser 60 km/h o $0.9 V_{\max}$ (cualquiera que sea el valor menor) y se deben aplicar los frenos procurando que se cumplan los ciclos completos de los frenos ABS, accionando los frenos de todas las llantas simultáneamente. Al final la distancia de frenado debe ser menor o igual a $0.0056 V^2 / P$, o la desaceleración promedio debe ser mayor o igual a $6.17 \text{ m/s}^2 \times P$ (donde P es el coeficiente de frenado pico) y no debe presentarse el bloqueo de las llantas que están equipadas con los frenos ABS.

A diferencia de las pruebas anteriores, las pruebas del bloqueo de las llantas se llevan a cabo aplicando cada freno por separado y se aplica la fuerza de frenado en un lapso de 0.2 a 0.5 segundos. En el caso de la prueba en una superficie con un coeficiente de fricción alto, la velocidad inicial debe ser de 80 km/h o $0.8 V_{\max}$ (cualquiera que sea el valor menor), mientras que en la prueba con un coeficiente de fricción bajo se inicia el frenado desde una velocidad de 60 km/h o $0.8 V_{\max}$. Durante las pruebas no debe presentarse el bloqueo de las llantas y los vehículos no deben salirse del carril de ensayo.

En el ensayo que se hace para revisar que no se presente el bloqueo de las llantas cuando se aplica la acción de frenado en una transición de una superficie con un coeficiente de fricción alto a uno bajo y viceversa, procurando que en la zona de transición la velocidad sea de 50 km/h o $0.5 V_{\max}$, ensayo que se realiza para cada freno por separado. Durante el frenado no debe presentarse el bloqueo de las llantas; además, un segundo después de haber entrado a la zona de alto coeficiente de fricción la desaceleración debe incrementarse.

La prueba de frenado simulando la falla eléctrica de los frenos ABS consiste en realizar la misma prueba de frenado en seco para un solo freno, pero con el sistema ABS desconectado, ya que se requiere comprobar que se encienda una luz de advertencia de la falla eléctrica de los frenos ABS y que el vehículo presente el mismo desempeño de frenado cuando se activa solo el freno de atrás, tal y como lo indica la Tabla 4-31.

Falla parcial de los sistemas de frenos divididos

Cuando los vehículos de las categorías L₃, L₄ y L₅ cuentan con sistemas de frenos divididos, estos deben ser sometidos a una prueba de frenado simulando una falla parcial del sistema. La prueba se debe realizar para estudiar el funcionamiento de cada subsistema y se realiza a dos velocidades: 50 km/h y 100 km/h o 0.8 V_{max} (cualquiera que sea el valor menor). La fuerza de frenado debe ser menor o igual a 250 N en los controles de mano o menor o igual a 400 N en los controles de pie.

Al finalizar la prueba se debe activar un indicador de la falla del sistema de frenos y la distancia de frenado debe ser mayor o igual a 0.1 V + 0.0017 V² o la desaceleración debe ser mayor a 3.3 m/s².

Tabla 4-32. Requerimientos de frenado de las pruebas de la falla del sistema de asistencia de los frenos

Categoría vehicular	Distancia de frenado (m)	Desaceleración promedio (m/S ²)
Con un solo el freno		
L ₁	S≤0.1V + 0.0143 V ²	≥2.7
L ₂	S≤0.1V + 0.0133 V ²	≥2.7
L ₃	S≤0.1V + 0.0143 V ²	≥2.9
L ₄	S≤0.1V + 0.0143 V ²	≥3.6
Vehículos con frenos combinados o con frenos de servicio divididos		
Todas las categorías	S≤0.1V + 0.0105V ²	≥2.5

V es la velocidad en Km/h.
"Modified from regulation No. 78: Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories L1, L2, L3, L4 and L5 with regard to braking, © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Falla del sistema de asistencia de los frenos

Los sistemas de freno asistidos son aquellos que poseen un subsistema que aumenta la fuerza de frenado impartida por el conductor; como por ejemplo, los sistemas asistidos por bombas de vacío. Por lo tanto, es importante realizar pruebas para verificar el desempeño del sistema de frenos en caso de que falle el mecanismo de asistencia frenado. En estos casos se desactiva el sistema de asistencia de frenado y se realiza la prueba de frenado en seco con un solo freno. Al final, el desempeño de frenado debe satisfacer los requerimientos indicados en la Tabla 4-32.

ECE 79 (Sistemas de dirección)

El objetivo de esta regulación es especificar los requerimientos de los sistemas de dirección de los vehículos de las categorías M, N y O.

Para llevar a cabo la comprobación del funcionamiento de los sistemas de dirección, se realizan pruebas de maniobrabilidad que consisten en una maniobra de salir de una curva, una de de conducción en círculos y otra de ingresar a una curva, pruebas que se realizan a favor de las manecillas del reloj y en contra.

En la maniobra de salir de una curva, se conduce el vehículo en una curva de 50 m de radio y al salir de ella no deben producirse vibraciones inusuales. La velocidad de conducción depende del tipo de vehículo como se indica a continuación:

- Categoría M_1 : vehículos de 50 km/h
- Categoría M_2 , M_3 , N_1 , N_2 y N_3 : 40 km/h o la velocidad máxima de fabricación si ésta es inferior a las velocidades indicadas anteriormente.

La prueba de conducción en círculos consiste en girar los vehículos a una velocidad de 10 km/h con las llantas giradas a aproximadamente la mitad de su rango y soltar el volante. Al hacer eso, el radio del círculo debe mantenerse constante o aumentar.

La prueba de ingresar a una curva se lleva a cabo para medir los esfuerzos requeridos para maniobrar el vehículo con el sistema de dirección bueno y con fallas en el sistema de dirección. Ésta consiste en conducir el vehículo en línea recta a 10 km/h e ingresar a una curva hasta que la posición del control de la dirección corresponda al radio de giro indicado en la Tabla 4-33. El tiempo requerido para alcanzar el radio y los esfuerzos máximos no deben superar los valores indicados en dicha tabla.

Tabla 4-33. Pruebas del sistema de dirección.

Categoría Vehicular	Intacto			Intacto		
	Esfuerzo Máximo (N)	Tiempo (s)	Radio de giro (m)	Esfuerzo Máximo (N)	Tiempo (s)	Radio de giro (m)
M_1	150	4	12	300	4	20
M_2	150	4	12	300	4	20
M_3	200	4	12**	450*	6	20
N_1	200	4	12	300	4	20
N_2	250	4	12	400	4	20
N_3	200	4	12**	450*	6	20

* 50 para los vehículos rígidos con 2 o más ejes girables, excluyendo los equipos que se autodirigen

** Bloqueo completo si un radio de 12 m no se puede alcanzar.

"Modified from regulation No. 79: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment, © 2005, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los remolques también son sometidos a pruebas de maniobrabilidad, con el fin de estudiar el movimiento o la trayectoria que siguen con respecto al vehículo tractor. Por lo tanto, los remolques son sometidos a maniobras de conducción en línea recta, de conducción en círculos, a una maniobra de salir de una curva y a una prueba de conducción en círculos con el sistema de dirección defectuoso, pruebas que se realizan a favor de las manecillas del reloj y en contra.

En la prueba de conducción en línea recta, se conduce el vehículo a 80 km/h o la velocidad máxima permitida por el fabricante. Durante este proceso no debe producirse una desviación excesiva o vibraciones inusuales en el sistema de dirección.

La prueba de conducción en círculos se lleva a cabo a dos velocidades, 5 km/h y 25 km/h, en un radio de giro de 25 m. Primero se conduce a 5 km/h para medir el radio descrito por el borde externo de atrás del remolque. Luego se conduce a 25 km/h con el mismo fin. La diferencia de los radios descritos por el borde externo de atrás del remolque no debe superar 0.7 m.

En la maniobra de salir de una curva se debe conducir a 25 km/h en un círculo de 25 m de radio. Al salir de la curva ninguna parte del remolque se debe alejar en más de 0.5 m de la tangente al círculo en una trayectoria tangente de 40 m de longitud. Además, después de ese punto el remolque debe cumplir con los requisitos estipulados en la prueba de conducción en línea recta.

También se realiza una prueba de giro con la dirección de los remolques descompuesta. En esa prueba primero se conduce el vehículo a 5 km/h en un círculo de radio = 0.67 x la longitud de la combinación de vehículos, siempre y cuando ese radio no sea menor a 12.5 m, radio que se mide con la esquina frontal externa del remolque (etapa en la que se usa el sistema de dirección en buen estado) y se determinan los radios del anillo de barrido que define el remolque (ver Ilustración 4-30). Luego se vuelve a conducir el vehículo en círculos, pero con el sistema de dirección del remolque descompuesto. Si al medir el ancho del anillo descrito por el remolque, y si éste es mayor que 8.3 m, ese valor no debe ser mayor al 15% del valor medido con la dirección en buenas condiciones. Además, no debe haber ningún incremento en el radio externo descrito por el remolque.

Hay requerimientos adicionales que se deben verificar para diferentes tipos de vehículos, tales como los vehículos que utilizan la misma fuente de energía para activar los frenos y el sistema de dirección, los remolques que poseen sistemas auxiliares de dirección, los que poseen transmisiones hidráulicas en el sistema de dirección y los que poseen sistemas electrónicos complejos.

Los remolques que utilizan la misma fuente de energía para los frenos y el sistema de dirección, son sometidos a pruebas para determinar si los sistemas de frenos continúan funcionando aún cuando falla el sistema de suministro de energía o el sistema de dirección. Si falla el sistema de suministro de energía, el desempeño de los frenos de servicio en la primera aplicación de los frenos debe cumplir con los requerimientos indicados en la Tabla 4-34. Además, después de cualquier fallo en el mecanismo de dirección o el suministro de energía, debe ser posible alcanzar en la novena aplicación del freno el rendimiento prescrito para el freno de emergencia o de frenado residual (ver Tabla 4-35).

Tabla 4-34. Desempeño del sistema de freno luego de una falla en el suministro de energía

Categoría	V (km/h)	m/s ²	F (N)
M ₁	100	6.43	500
M ₂ y M ₃	60	5.0	700
N ₁ *	80	5.0	700
	100	6.4	500
N ₂ y N ₃	60	5.0	700

*Puede escoger entre ambas opciones

“From regulation No. 79 revision 2-amendment 1: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

Tabla 4-35. Desempeño del sistema de freno de emergencia luego de una falla en el suministro de energía

Categoría	V (km/h)	Freno secundario	Frenado residual
		m/s ²	m/s ²
M ₁	100	2.44	-
M ₂ y M ₃	60	2.5	1.5
N ₁ *	70	2.2	1.3
	100	2.4	-
N ₂	50	2.2	1.3
N ₃	40	2.2	1.3

*Puede escoger entre ambas opciones

"From regulation No. 79 revision 2-amendment 1: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los remolques con sistemas de dirección auxiliares deben ser sometidos a una prueba de maniobrabilidad en círculos y una prueba del comportamiento transitorio del vehículo, pero la última no ha sido reglamentada por lo que el fabricante debe especificarla. La prueba de conducción en círculos, el vehículo debe ser conducido a una velocidad V y en una circunferencia de radio R indicados en la Tabla 4-36, con el fin de verificar que una falla del sistema auxiliar no produzca un cambio significativo en el comportamiento dinámico del vehículo y que sea posible dirigirlo sin tener que hacer correcciones excesivas de la manivela. Cabe destacar que la falla del sistema auxiliar debe producirse una vez que el vehículo ha alcanzado la velocidad de prueba.

Tabla 4 36. Prueba de los sistemas de dirección auxiliares

Categoría vehicular	R (m)	V (km/h)
M ₁ y N ₁	100	80
M ₂ y N ₂	50	50
M ₃ y N ₃	50	45

"From regulation No. 79: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment, © 2005, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Por otro lado, las mangueras del sistema de dirección hidráulica de algunos remolques deben ser sometidas a una prueba de estallido por la presión hidráulica, con el fin de corroborar que la presión de estallido sea por lo menos cuatro veces mayor a la presión de trabajo normal.

Por último, los vehículos que poseen sistemas electrónicos de dirección complejos son sometidos a pruebas para verificar que dichos sistemas funcionan adecuadamente y para evaluar su funcionamiento cuando ocurre una falla en el sistema, para lo cual se aplican ciertas señales eléctricas para simular las fallas eléctricas. No obstante, a pesar de que se indica que se deben realizar estas pruebas, la norma ECE 79 no especifica claramente cómo deben llevarse a cabo.

ECE 80 (Sillas de buses)

El objetivo de esta regulación es especificar los requerimientos de las sillas que se utilizan en los vehículos de las categorías M_2 y M_3 y de los anclajes que se utilizan para fijarlas a la estructura de los vehículos.

Para determinar que las sillas cumplan con los requisitos, estas son sometidas a unas pruebas de resistencia dinámica.

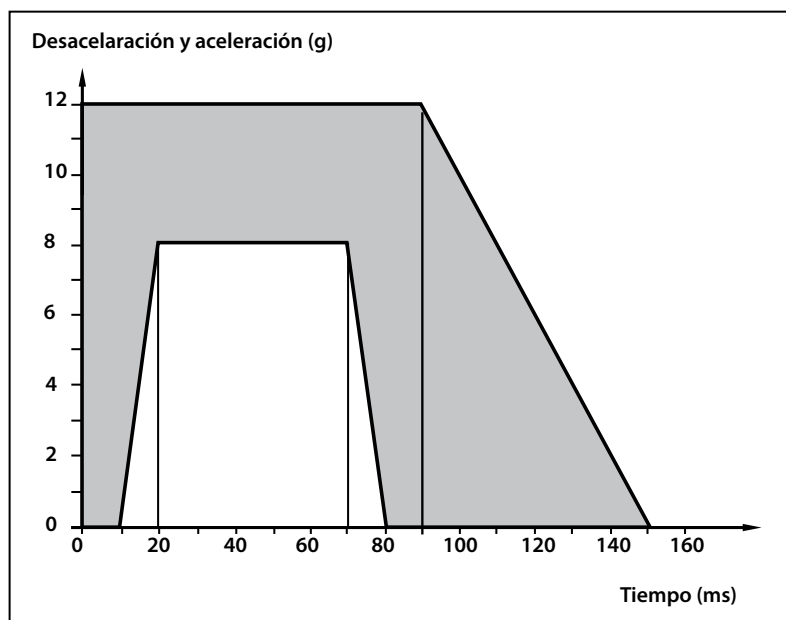
Pruebas dinámicas

En las pruebas dinámicas se llevan a cabo dos tipos de ensayos, uno para determinar si el ocupante de la silla es retenido adecuadamente por el respaldo de la silla que está delante de él y el otro para determinar si la silla es capaz de retener a su ocupante a través del uso de los cinturones de seguridad.

Prueba 1

Esta prueba consiste en colocar la silla que va a ser sometida a estudio y una silla auxiliar (silla que se usa para colocar el o los maniquíes que van a impactar el respaldo de la silla que está delante de ellos, por lo que los maniquíes se colocan sin utilizar el cinturón de seguridad) en una plataforma para someterlas a un impacto a una velocidad de entre 30 km/h o 32 km/h, procurando que los cambios en la aceleración se encuentren dentro de los límites de la curva de aceleración vrs tiempo mostrada en la Ilustración 4-66, pero también se debe procurar que la desaceleración y aceleración media estén comprendidas entre 6.5 y 8.5 G.

Ilustración 4-66. Curva de aceleración para las pruebas dinámicas de las sillas de los buses



"From regulation No. 80: Uniform provisions concerning the approval of seats of large passenger vehicles and of these vehicles with regard to the strength of the seats and their anchorages, ©2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Durante la prueba se debe colocar un maniquí antropomórfico (Hybrid II o III) sin utilizar el cinturón de seguridad en la silla auxiliar, lo cual es importante porque dicho maniquí es el objeto que va a producir las cargas de impacto a las que va a ser sometida la silla del autobús y permite medir los parámetros de tolerancia biomecánica.

Prueba 2

Se repite el ensayo uno, pero asegurando el o los maniquíes por medio del cinturón de seguridad en la silla auxiliar. Esto con el fin de determinar si la estructura de la silla es capaz de soportar las cargas dinámicas transmitidas a través de los cinturones de seguridad de sus ocupantes.

Al finalizar las pruebas se considerará que las sillas cumplen con los requisitos de protección de los ocupantes si al cabo de las pruebas 1 y 2, el ocupante de la silla es retenido correctamente por la silla del frente y/o por el uso de un cinturón de seguridad, lo cual se comprueba si el movimiento hacia adelante de cualquier parte del tronco y de la cabeza del maniquí no sobrepasa un plano vertical transversal situado a 1.6 m del punto SgRP de la silla. Ninguna parte de la silla se debe separar completamente, la silla debe mantenerse firmemente sujeta a pesar de que los anclajes se desprendan parcialmente y no se debe producir ninguna ruptura que deje como resultado bordes afilados o extremos puntiagudos que puedan aumentar el riesgo de producir lesiones.

Además, el ocupante del asiento no debe resultar gravemente herido, lo cual se determina a partir de la medición de los siguientes criterios de aceptación biomecánica del maniquí:

1. El HIC es menor a 500.
2. El criterio de aceptación del tórax o ThAC es inferior a 30 G.
3. El criterio de aceptabilidad del fémur (FAC) es inferior a 10 kN y el valor de 8 kN no sea sobrepasado por un periodo de más de 20 ms.

Por su parte, los asientos que se colocan de lado también tienen que cumplir con ciertos criterios de aceptación biomecánica como se muestra a continuación:

1. El HIC es menor a 500.
2. Criterio de deflexión de las costillas (RDC) debe ser menor o igual a 42 mm.
3. El criterio de aceptación de tórax medido con base en:
 - a. El criterio del daño en tejidos blandos (VC) debe ser menor que 1.0 m/s.
 - b. El criterio de aceptación de la pelvis, medido en función de la fuerza pico en la sínfisis púbica, debe ser menor o igual que 6 kN.

4. El criterio de aceptación del abdomen, medido en función de la fuerza pico abdominal, debe ser menor o igual a 2.5 kN como fuerza interna o 4.5 kN como fuerza externa.

Cabe destacar que en las plataformas de prueba se pueden montar las sillas en la misma posición que se colocarían dentro del bus, o se pueden montar en ellas parte de la estructura del vehículo con todo y las sillas. En el primer caso se deben realizar pruebas adicionales para evaluar los anclajes, mientras que en el segundo las pruebas dinámicas antes mencionadas son suficientes para determinar si los anclajes de las sillas también cumplen con los requisitos.

Procedimiento de ensayo de los anclajes en el vehículo

Opcionalmente se puede realizar una prueba estática que consiste en aplicar una fuerza F , a una altura de 750 mm por encima del plano de referencia en la línea central de la silla. La fuerza se aplica horizontalmente y hacia la parte frontal del vehículo y su magnitud se determina a través de la siguiente ecuación: $F = (5000 \pm 50) \times i$, donde F es la fuerza en N e i representa el número de plazas de asiento para cuyos anclajes deben ser puestos a prueba.

Al finalizar la prueba, la deformación plástica, e inclusive la ruptura son permitidas siempre y cuando la fuerza sea soportada durante un tiempo de al menos 0.2 s.

Pruebas opcionales

En lugar de cumplir con las pruebas dinámicas y las pruebas de resistencia estática de los anclajes, las sillas pueden cumplir con unas pruebas de resistencia estática diferentes a las antes mencionadas y con los requerimientos de absorción de energía estipulados en la regulación vehicular ECE 21.

La prueba de resistencia estática se lleva a cabo para determinar:

1. Si los ocupantes de las sillas son retenidos correctamente por las sillas de delante de ellos.
2. Si los ocupantes de las sillas no resultan gravemente heridos.
3. Si la silla y los soportes de la silla son suficientemente resistentes.

Para poder hacer estas pruebas primero se debe ubicar el plano de referencia, que pasa a través SgRP. La prueba consiste en aplicar dos fuerzas horizontales en la parte de atrás de la silla. La altura de aplicación de las fuerzas debe mantenerse dentro de cierto rango y la magnitud de las fuerzas se determina en función de la altura de aplicación, tal y como lo muestra la Tabla 4-37, en donde H_1 y H_2 son las alturas a las cuales se aplican las fuerzas y ellas miden por encima del plano de referencia. Cabe destacar que esas fuerzas se deben aplicar simultáneamente para cada asiento de las bancas, o en otras palabras, si en una banca caben tres personas, se deben aplicar tres fuerzas F_1 y F_2 . Antes de someter las sillas a tales fuerzas se debe aplicar una precarga de 20 N; luego se aplican las fuerzas súbitamente y durante al menos 0.2 s.

Tabla 4-37. Ubicación y magnitud de las fuerzas estáticas para la determinación de la resistencia de las sillas de los buses

Fuerza	Altura (m)	Magnitud (N)
1	0.70 – 0.80	$F_1 = \frac{1000}{H_1} + 50$
2	0.45 – 0.50	$F_2 = \frac{2000}{H_2} + 100$

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N° 80 de la ECE. Esta tabla se reprodujo con permiso de las Naciones Unidas. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a las Naciones Unidas.

La estructura de las sillas también debe cumplir con ciertos requisitos de absorción de energía, que se determinan en función del desplazamiento de los puntos de aplicación de las fuerzas de modo que:

- El desplazamiento máximo no debe ser mayor que 400 mm.
- El desplazamiento del punto de aplicación de F_1 debe ser de al menos 100 mm.
- El desplazamiento del punto de aplicación de F_2 debe ser de al menos 50 mm.

También se verifica que todos los accesorios que formen parte del respaldar sean incapaces de producir lesiones. Para ello se utiliza una esfera de 165 mm de diámetro para evaluar la geometría de los accesorios, ya que cada parte que pueda ser contactada con la esfera debe tener un radio de curvatura de al menos 5 mm.

Entonces, se considera que las sillas y sus anclajes son lo suficientemente resistentes si ninguna parte de la silla se separa completamente, si se mantiene firmemente sujeta a pesar de que los anclajes se desprendan parcialmente y si no se generan rupturas que dejen como resultado bordes afilados o extremos puntiagudos que puedan causar lesiones.

ECE 81 (Espejos retrovisores de motocicletas y scooters).

Esta regulación se aplica a los espejos retrovisores de los vehículos de la categoría L.

Los retrovisores deben ser sometidos a una prueba de impacto y a una prueba de flexión del soporte del brazo, con el fin de determinar su comportamiento ante el choque o el doblado del elemento de sujeción y del brazo del espejo.

Ensayo de impacto

Los espejos retrovisores son sometidos a una prueba de impacto que se lleva a cabo golpeándolos con un péndulo de ensayo, cuando están colocados en la misma posición en la que se montan en los vehículos, considerando que debe ir colocado en la posición menos favorable.

El ensayo consiste en dejar caer el péndulo desde una altura correspondiente a un ángulo de 60° con respecto a la vertical, de manera que su extremo choque con el retrovisor en el momento en que el péndulo llegue a la posición vertical y golpee el centro del espejo. Además, el impacto debe darse en el lado opuesto a la superficie reflectante del espejo retrovisor.

Para realizar esta prueba se utiliza un péndulo cuyo extremo está formado por una esfera rígida con un diámetro de 165 mm, recubierta con una goma de 5 mm de espesor de dureza Shore A 50. Este péndulo posee la característica de que su masa reducida con respecto al centro de percusión es de aproximadamente 6,8 kg.

Después del impacto del péndulo con el espejo, el péndulo debe rebotar de manera que forme un ángulo de por lo menos 20° con respecto de la vertical.

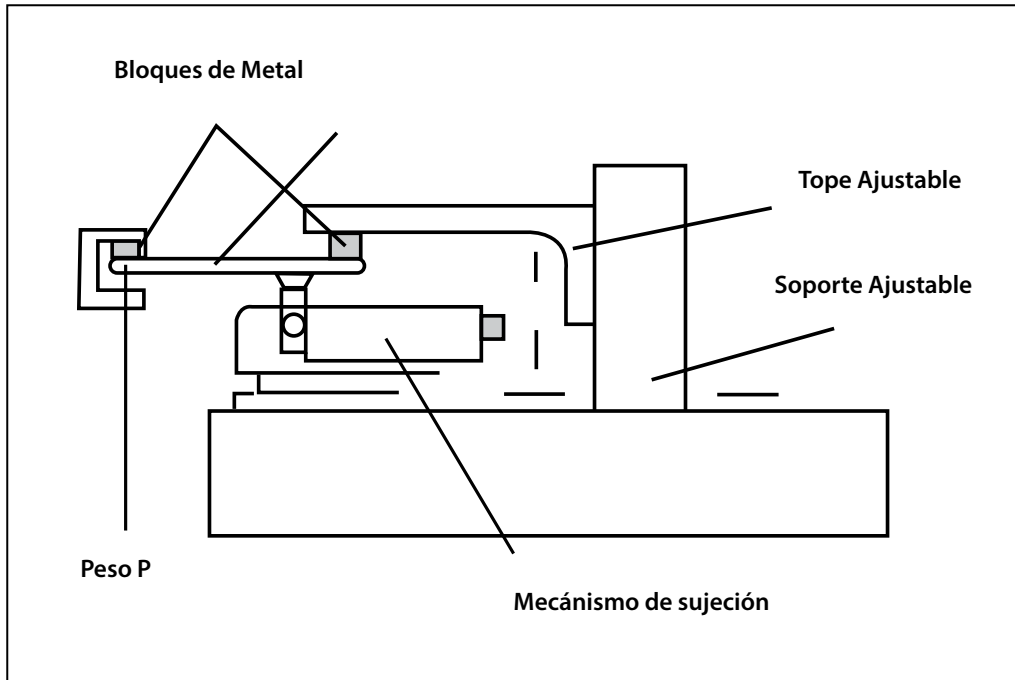
Ensayo de flexión

Esta prueba consiste simplemente en aplicar una carga de prueba que produzca una flexión en el espejo, como lo muestra la Ilustración 4-68. La fuerza de prueba debe ser de 25 kg y se debe aplicar por lo menos durante un minuto.

Al finalizar ambas pruebas, el espejo no se debe quebrar, pero sí se permite que se agriete el vidrio siempre y cuando se cumpla con algunas de las siguientes dos condiciones:

- 1- Los fragmentos de vidrio quedan adheridos al sujetador del espejo, pero sí se permite que pequeñas partículas se desprendan de la superficie reflectante durante el impacto.
- 2- La superficie reflectante está hecha de vidrio de seguridad.

Ilustración 4-67. Ejemplo del mecanismo usado para los ensayos de flexión de los espejos retrovisores de las motocicletas y los scooters



"From regulation No. 81: Uniform provisions concerning the approval of rear-view mirrors of two-wheeled power-driven vehicles with or without side car, with regard to the mounting of rear-view mirrors on handlebars, © 1989, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 88 (Llantas retrorreflectivas de motocicletas)

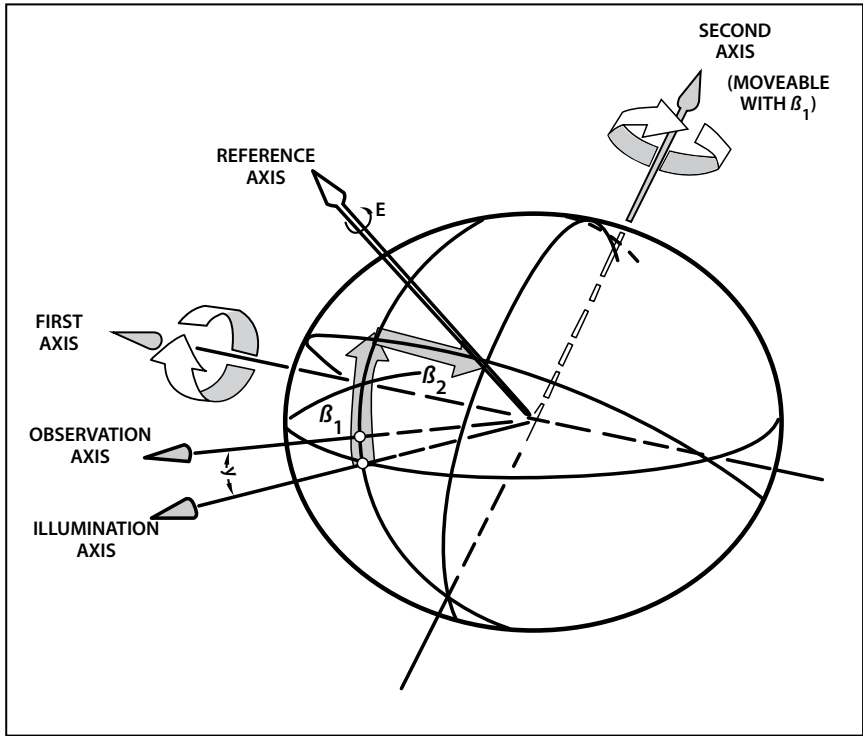
Esta regulación estipula los requerimientos para los dispositivos retrorreflectivos que se colocan en las caras laterales de las llantas de las motocicletas, con el fin de crear la impresión visual de círculos de luz para aumentar la visibilidad de las motocicletas.

Los dispositivos retrorreflectivos que se colocan en las caras laterales de las llantas deben tener una forma anular continua. Estos dispositivos retrorreflectivos deben cumplir con ciertos requerimientos colorimétricos, fotométricos y de resistencia, por lo que son sometidos a diversas pruebas como se indica a continuación:

1. Prueba colorimétrica:

En esta prueba se estudia la calidad espectral del anillo reflectante, para lo cual se ilumina el anillo reflectante por medio de un patrón de iluminación CIE A, el cual representa la calidad espectral de un bombillo incandescente. Además, el análisis colorimétrico se puede realizar por medio de un espectrofotómetro o por medio de un colorímetro. El espectrofotómetro es un aparato que permite hacer un análisis espectral de la longitud de onda de una fuente de luz o de un dispositivo reflectante, mientras que el colorímetro es un aparato que mide unos parámetros que relacionan la longitud de onda, la reflectancia y unas variables asociadas al iluminante, permitiendo así correlacionar tales valores con la percepción del ojo y del cerebro humano.

Ilustración 4-68. Sistema de referencia CIE para las pruebas colorimétricas



"From regulation No. 88: Uniform provisions concerning the approval of retroreflective types for two-wheeled vehicles, © 1993, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Es importante realizar la prueba colorimétrica colocando adecuadamente el dispositivo de medición (espectrofotómetro o colorímetro), la fuente de luz y el aro. Por lo tanto, la fuente de luz debe estar colocado a 5° con respecto al eje del aro o eje de referencia (ángulo conocido como ángulo de entrada α) y el dispositivo de medición a 20° con respecto al ángulo de la fuente de luz (ángulo de observación β , caracterizado por los componentes β_1 y β_2), como lo muestra la Ilustración 4-68.

Para cumplir con lo requerido, las llantas retroreflectivas de las motocicletas deben cumplir con los límites de la cromaticidad mostrados en la tabla 4-38.

Tabla 4-38. Límites de la cromaticidad de las llantas retroreflectivas.

Punto	1	2	3	4	5
x	0.380	0.509	0.618	0.440	0.380
y	0.408	0.490	0.382	0.382	0.337

"From regulation No. 88: Uniform provisions concerning the approval of retroreflective types for two-wheeled vehicles, © 1993, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

2. Prueba fotométrica:

Esta prueba consiste en medir el coeficiente de intensidad lumínica (R) expresado en mcd/lux³¹. Para ello se pone a rotar la llanta de manera que se puedan realizar las mediciones fotométricas de forma continua o se calcula el valor promedio de 12 mediciones de arcos circulares continuos del anillo retroreflectivo de la llanta. Después se ilumina la llanta con una luz delantera de un automóvil, para luego proceder con una comprobación visual y con las mediciones fotométricas.

La inspección visual permite verificar que efectivamente, la figura que se observa corresponde a la de un círculo o una elipse, cuando el ángulo de entrada varía entre 0° y 30° inclusive.

Por otro lado, la magnitud del coeficiente de intensidad lumínica (R) no debe ser menor a los valores mostrados en la Tabla 4-39. Además, se considera que la llanta cumple con los requerimientos si la razón entre el máximo y el mínimo coeficiente R no sobrepasa 1:6, cuando son medidos a un ángulo de entrada de 20° y un ángulo de observación de 30°.

Tabla 4-39. Coeficiente mínimo de intensidad luminosa R, en mcd/lux

Ángulo de observación α	Ángulo de entrada β_1 ($\beta_2 = 0$)			
	5°	20°	40°	50°
20'	16D	14D	4.7D	1.5D
1°30'	1.1D	1.0D	0.65D	0.2D

Aquí D es el diámetro interno del anillo retroreflectivo, expresado en cm.

"From regulation No. 88: Uniform provisions concerning the approval of retroreflective types for two-wheeled vehicles, © 1993, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

3. Resistencia a agentes externos:

En las pruebas de resistencia a agentes externos se llevan a cabo pruebas de adhesión; pruebas de impacto; pruebas de resistencia al combustible y a lubricantes; al agua y al calor.

La prueba de la adhesión consiste en tomar una muestra de la llanta con forma de tira de manera que se pueda realizar una prueba de tensión. Entonces, en la prueba de tensión se aplica una fuerza de 1 N por mm de espesor de la tira, de forma que se trate de separar el material retroreflectivo de la llanta. Si el material se mantiene adherido aplicando una fuerza mayor a 1N/mm, entonces se considera que su adhesión es satisfactoria.

Por otro lado, al realizar la prueba de impacto se debe enfriar la llanta a -20°C. Luego se colisiona el material retroreflectivo con una bola de acero de 25 mm de diámetro, dejándola caer desde una altura de 2 m. Al final de la prueba, el material retroreflectivo no debe presentar agrietamientos ni separaciones.

³¹ El lux es la unidad de medida de la iluminancia.

En la prueba de resistencia al combustible y a lubricantes, se toma una muestra de la llanta y suavemente se le unta un combustible. Al cabo de 5 minutos se limpia el área retroreflectiva con detergente y agua limpia. Luego, con suavidad, se le unta un poco de aceite y 5 minutos después se vuelve a lavar la muestra con un solvente y posteriormente con agua. Entonces, al final de la prueba no se debe apreciar ningún cambio visible en el material que podría afectar su desempeño y después se lleva a cabo una inspección visual del color.

En la prueba de resistencia al agua se sumerge la muestra en agua a 23°C durante un minuto y luego se mide el coeficiente R a un ángulo $\alpha = 20^\circ$ y $\beta_1 = 5^\circ$. Para que se considere que la llanta retroreflectiva resiste adecuadamente los agentes externos, el valor de R no debe ser menor al 50% del valor correspondiente mostrado en la Tabla 4-39.

Por último, en la prueba de resistencia al calor se somete la llanta a un proceso de variaciones de temperaturas que consiste en un periodo de 24 horas a 65°C y una humedad relativa de 10%, luego a una hora a 23°C y una humedad relativa de 50% y finalmente a 15 horas a una temperatura de -20°C. Se considera que la llanta resiste adecuadamente los cambios de temperatura si al finalizar la prueba no se observa agrietamiento, desprendimiento ni formación de ampollas en el material retroreflectivo.

ECE 89 (Limitadores de velocidad)

El objetivo de esta regulación es limitar la velocidad máxima de los vehículos de carga pesada y algunos vehículos de transporte público colectivo, a través del uso de limitadores de velocidad o de alguna función limitadora de velocidad incorporada en el sistema que controla la alimentación de combustible.

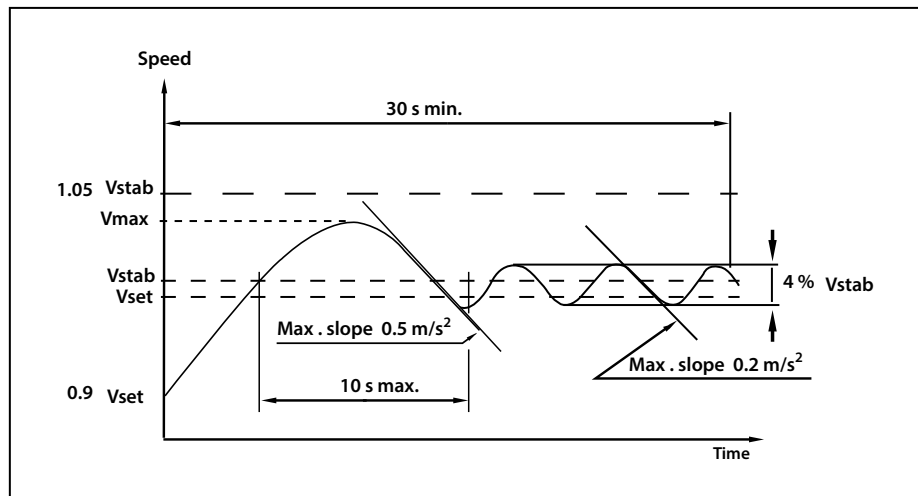
Los limitadores de velocidad pueden ser sometidos a un examen realizado en una pista de prueba, en una prueba realizada en un dinamómetro de chasis o a un estudio realizado en un banco de pruebas.

El examen realizado en una pista de pruebas se puede llevar a cabo por medio de dos maneras: por medio del método de la aceleración y por medio del método de la velocidad constante. El método de la aceleración consiste en acelerar lo más que se pueda a los vehículos, a partir de una velocidad inicial 10 km/h menor a la velocidad máxima establecida, con el fin de poder crear una curva de velocidad contra tiempo, como se aprecia en la Ilustración 4-69. Para que se demuestre por este método que los limitadores de velocidad cumplen con los requerimientos, la curva de velocidad contra tiempo debe cumplir con las siguientes condiciones:

- La velocidad a la que se estabiliza el vehículo no debe exceder la velocidad máxima, pero una tolerancia de 5% o 5 km/h es aceptable.
- Después de que se ha estabilizado la velocidad:
 - o La velocidad máxima no debe exceder en más de un 5% la velocidad estabilizada.
 - o La tasa de cambio de la velocidad no debe exceder 0.5 m/s², cuando es medida en un periodo de no más de 0.1 s.

- o La velocidad se debe estabilizar antes de 10 segundos del primer valor de la velocidad estabilizada que aparezca en la curva de velocidad vrs tiempo mostrada en la Ilustración 4-69.
- Después de haber alcanzado un control de la velocidad estable.
 - o La velocidad no debe variar en más de un 4% de la velocidad estable o más de 2 km/h, según sea el valor mayor.
 - o La tasa de cambio de la velocidad no debe ser mayor a 0.2 m/s^2 , cuando es medida en un periodo no mayor a 0.1 segundos.
 - o V_{stab} es el promedio de la velocidad calculada para un intervalo de tiempo mínimo de 20 segundos después de haber alcanzado el primer valor de V_{stab} , como lo muestra la Ilustración 4-69.

Ilustración 4-69. Curva de velocidad vrs tiempo



Esta figura muestra cómo la respuesta del limitador de velocidad tiene un comportamiento sinusoidal. En ella V_{max} es la velocidad máxima alcanzada por el vehículo en el primer semiperiodo de la prueba, V_{stab} es la velocidad a la que el limitador mantiene el vehículo y V_{set} es la velocidad promedio deseada del vehículo cuando el limitador está funcionando.

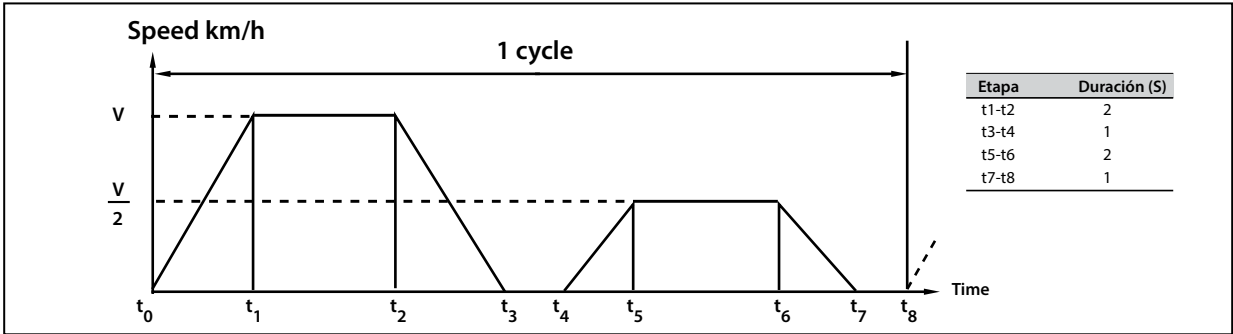
"From regulation No. 89: Uniform provisions concerning the approval of: I. Vehicles with regard to limitation of their maximum speed. II. Vehicles with regard to the installation of a speed limitation device (SLD) of an approved type. III. Speed limitation devices (SLD), © 1993, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

El método dos consiste en acelerar el vehículo hasta alcanzar la velocidad estable y se le conduce a esa velocidad al menos por 400 m, permitiendo así medir la velocidad promedio. Luego se repite el procedimiento en la dirección contraria y posteriormente se calcula el promedio de las dos velocidades promedio obtenidas. Al final, la prueba se considerará satisfactoria si la velocidad a la que se estabiliza el vehículo no sobrepasa la velocidad establecida. Además, la diferencia entre las velocidades estabilizadas, medidas para cada uno de las corridas del vehículo no debe ser mayor a 3 km/h.

De manera similar, la prueba que se realiza en un dinamómetro de chasis imita los dos exámenes realizados en una pista de pruebas y los requerimientos son los mismos.

Por otro lado, los exámenes realizados en un banco de pruebas consisten en someter el dispositivo limitador de velocidad a diversas condiciones y diversos ciclos de velocidad contra tiempo, con el fin de estudiar su durabilidad, pero este método se utiliza sólo cuando se demuestra que es equivalente a los exámenes hechos en una pista de prueba. En la Tabla 4 40 se muestran los ciclos de pruebas a los que se someten los limitadores de velocidad durante la prueba de durabilidad, mientras que en la Ilustración 4-70 se indican las etapas de los ciclos.

Ilustración 4-70. Ciclos de prueba de los limitadores de velocidad



“Modified from regulation No. 89: Uniform provisions concerning the approval of: I. Vehicles with regard to limitation of their maximum speed. II. Vehicles with regard to the installation of a speed limitation device (SLD) of an approved type. III. Speed limitation devices (SLD), © 1993, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

Tabla 4-40. Pruebas de durabilidad de los limitadores de velocidad

Prueba	Componente a estudiar	Condición	Temperatura de prueba (°C)	Número de ciclos
1	–	Temperatura ambiente	20	50,000
2	Componentes electrónicos	Cámara aclimatada	65	12,500
	Componentes mecánicos	Cámara aclimatada	100	12,500
3	–	Temperaturas bajas	-20	12,500
4	–	Atmósfera salada (5% de concentración de cloruro de sodio)	35	12,500
5		Prueba de vibración. Se simula la manera en que se monta el dispositivo en los vehículos. Luego se aplican vibraciones sinusoidales en 3 planos distintos, primero a una frecuencia entre 10 - 24 hz y una amplitud de 2 mm; después a una frecuencia en el rango de 24 - 1,000 Hz, tomando en cuenta que los componenetes del limitador de velocidad que van montados en la cabina o en el chasis son sometios a un estímulo de 2.5 G, mientras que los componentes que van montados en el motor son sometidos a un estímulo de 5 G	–	–

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°89 de la ECE.

Existe un tipo de sistemas limitadores de velocidad que permiten ajustar la velocidad, también conocidos como sistemas limitadores de velocidad ajustables. Estos dispositivos difieren de los anteriores en que el conductor del vehículo es quién decide a qué velocidad va a ajustar el limitador. Los limitadores ajustables son sometidos a una examinación similar a las realizadas en la pista de pruebas por el método de la aceleración, y los requerimientos son muy parecidos también, pero se tienen unas ligeras diferencias como se muestra a continuación:

- Primero se conduce el vehículo a una velocidad 10 km/h menor a la velocidad ajustada (V_{adj}).
- Luego se acelera el vehículo a una velocidad 10 km/h mayor a V_{adj} y se traza la curva de velocidad vrs tiempo.

Al realizar la prueba antes descrita se puede verificar si los limitadores de velocidad ajustables se desempeñan de forma adecuada. Estos dispositivos deben cumplir con diversos requerimientos de funcionamiento, los cuáles también pueden depender de la etapa en que se lleva a cabo la prueba. Entonces, se considera que los limitadores de velocidad ajustables cumplen con los requisitos si su comportamiento presenta las siguientes características:

- Requerimientos para la señal de advertencia:
 - o Si se le envía una señal visual al conductor indicándole que se ha excedido la velocidad ajustada en más de 3 km/h y esta señal se mantiene durante todo el tiempo que la velocidad ha sido excedida en esa magnitud.
- Requerimientos para la función/dispositivo limitador de velocidad ajustable:
 - o Si la velocidad estabilizada no excede en más de 3 km/h la velocidad ajustada.
 - o Después de haber alcanzado V_{stab} por primera vez:
 1. Si la velocidad máxima no excede V_{stab} en más de 5%.
 2. La tasa de cambio de la velocidad no excede 0.5 m/s^2 cuando es medida en un periodo mayor a 0.1 segundos.
 3. Se estabiliza la velocidad en al menos 10 segundos después de haberse alcanzado el primer valor de V_{stab} .
 - o Cuando la velocidad se ha estabilizado:
 1. La velocidad no varía en más de 3 km/h con respecto a V_{stab} .
 2. La tasa de cambio de la velocidad no excede 0.2 m/s^2 cuando es medida en un periodo mayor a 0.1 segundos. 0.5 m/s^2 cuando es medida en un periodo mayor a 0.1 segundos.

ECE 93 (Dispositivos anti-incrustamiento frontales)

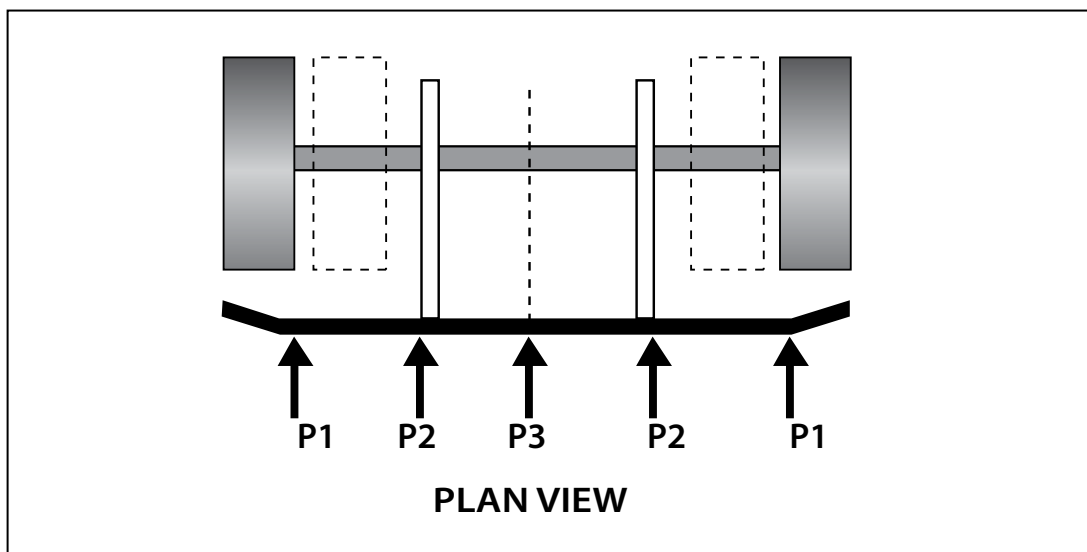
En esta regulación se especifican los requerimientos de los dispositivos anti-incrustamiento frontales que se colocan debajo del búmer de los vehículos de más de 3.5 toneladas, con la intención de evitar que algunos vehículos se incrusten debajo de ellos en caso de colisiones frontales.

Los dispositivos anti-incrustamiento frontales son sometidos a una prueba de resistencia estática en la que se aplican fuerzas en diversos puntos en el plano frontal. Dichas fuerzas deben ser aplicadas por medio de un pistón de forma que sean paralelas al plano longitudinal del vehículo y se aplican específicamente en tres puntos, permitiendo medir la deflexión del dispositivo anti-incrustamiento, como se muestra en las Ilustraciones 4-71 y 4-72. Durante la prueba las fuerzas se deben aplicar rápidamente por un periodo de al menos 0.2 segundos y en cada punto se aplica una fuerza de diferente magnitud, como se indica abajo:

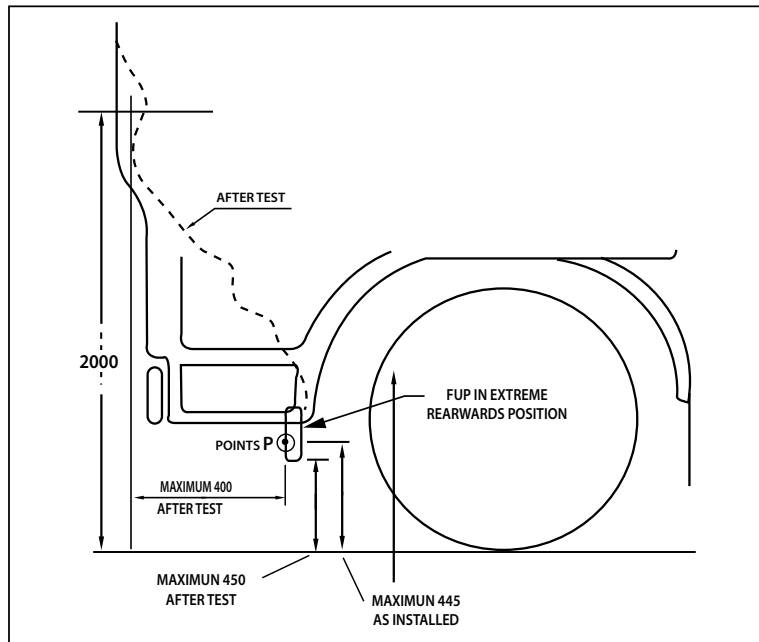
- P1: 50% del peso máximo del vehículo siempre y cuando la fuerza no sea mayor a 80 KN.
- P2: 100% del peso máximo del vehículo siempre y cuando la fuerza no supere los 160 KN.
- Si el dispositivo anti-incrustamiento es discontinuo y presenta un área transversal reducida entre los puntos P1 y P2, entonces se aplica en el punto P3 la misma magnitud de la fuerza aplicada en el punto P1.

Al final de las pruebas el dispositivo anti-incrustamiento no debe deflectarse más de 400 mm horizontalmente, ni más de 450 mm verticalmente, midiendo la deflexión entre los dos puntos P1, como lo indica la Ilustración 4-71.

Ilustración 4-71. Aplicación de las fuerzas de prueba de los dispositivos anti-incrustamiento frontales



En esta figura los puntos P1, P2 y P3 indican los puntos de aplicación de las diversas fuerzas de prueba, las cuales no se aplican de forma simultánea. Obtenida de Review of truck safety: stage 1: frontal, side and rear underrun protection, por Lambert y Rechner, 2002. Reproducida con permiso.

Ilustración 4-72. Límites de la deflexión del dispositivo anti-incrustamiento

"From regulation No. 93: Uniform provisions concerning the approval of: I. Front underrun protective devices (FUPDs). II. Vehicles with regard to the installation of an FUPD of an approved type. III. Vehicles with regard to their front underrun protection (FUP), © 1994, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 94 (Protección ante colisiones frontales)

En esta regulación se especifican los requerimientos de protección ante colisiones frontales, para los ocupantes de vehículos de pasajeros que tienen ocho o menos asientos y cuya masa no supera las 2.5 toneladas.

Para determinar si los vehículos de pasajeros ofrecen una adecuada protección a sus ocupantes en el caso de que ocurra una colisión frontal, los vehículos son sometidos a una prueba de impacto frontal contra una barrera deformable. En esta el vehículo debe colisionar la barrera a una velocidad de 56 km/h, pero el contacto con la barrera no se da en toda la parte frontal del vehículo, sino que se da de forma descentrada (ver Ilustración 2-43), chocando el lado del conductor, procurando que se abarque aproximadamente el 40% de la parte frontal. Además, el tanque de gasolina del vehículo se debe llenar a un 90% de su capacidad con agua, con el fin de determinar si ocurren fugas excesivas de combustible.

En esta prueba se utiliza un maniquí estándar equipado con instrumentos que permitan determinar ciertos indicadores de daño en el cuerpo³². Específicamente hablando, el maniquí de prueba permite medir el HPC³³, el NIC, el momento flector del cuello, el criterio de compresión del tórax (THCC³⁴), el criterio de viscosidad del tórax (V*C³⁵), el criterio de fuerza del fémur (FFC³⁶), el criterio de compresión

³² Para más información acerca de los indicadores de daño en el cuerpo, favor referirse a Crash Analysis Description, por Workgroup Data processing Vehicle Safety, 2008. Las definiciones de los indicadores de daño corporal indicados en la regulación vehicular ECE 94 mostradas aquí fueron resumidas de tal documento.

³³ HPC = HIC (índice de daño en la cabeza).

³⁴ El THCC o criterio de compresión torácica se utiliza para determinar el daño que puede recibir el tórax de una persona y consiste en medir la compresión entre el esternón y la espina dorsal. Además, el THCC se mide en milímetros.

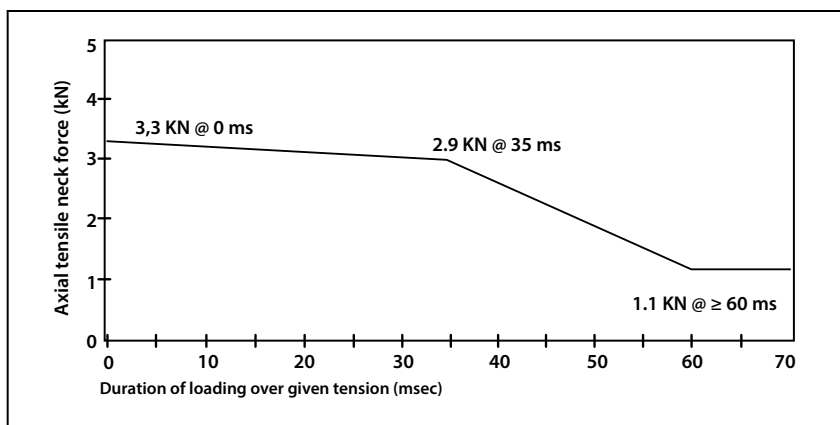
³⁵ El criterio de viscosidad del tórax (V*C) es otro criterio utilizado para medir el daño del pecho y consiste en medir la velocidad de deformación del tórax o de una costilla (para el caso de las colisiones laterales), por lo que sus dimensiones son (m/s).

³⁶ El criterio de fuerza del fémur consiste en medir las fuerzas de compresión de ambos fémures de un maniquí de prueba y el tiempo de actuación de dichas fuerzas medido en milisegundos.

de la tibia (TCFC³⁷), el índice de la tibia (TI³⁸) y el desplazamiento de la rodilla. También se requieren equipos para poder medir el desplazamiento final del sistema de dirección, la fuerza requerida para liberar el cinturón de seguridad y las fugas de combustible. Una vez determinados cada uno de esos indicadores, se puede corroborar si los vehículos proveen suficiente protección ante colisiones frontales, lo cual responde a los siguientes requerimientos:

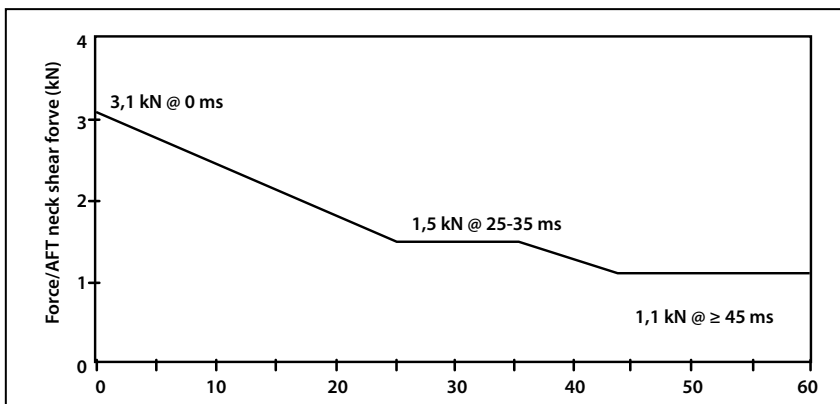
1. El HCP no debe exceder 1,000 y la aceleración resultante de la cabeza no debe ser mayor a 80 G por más de 3 ms.
2. El NIC no debe sobrepasar los valores mostrados en la Ilustraciones 4-73 y 4-74.

Ilustración 4-73. Criterio de la fuerza de tensión en el cuello



"From regulation No. 94: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a frontal collision, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-74. Criterio de la fuerza cortante en el cuello



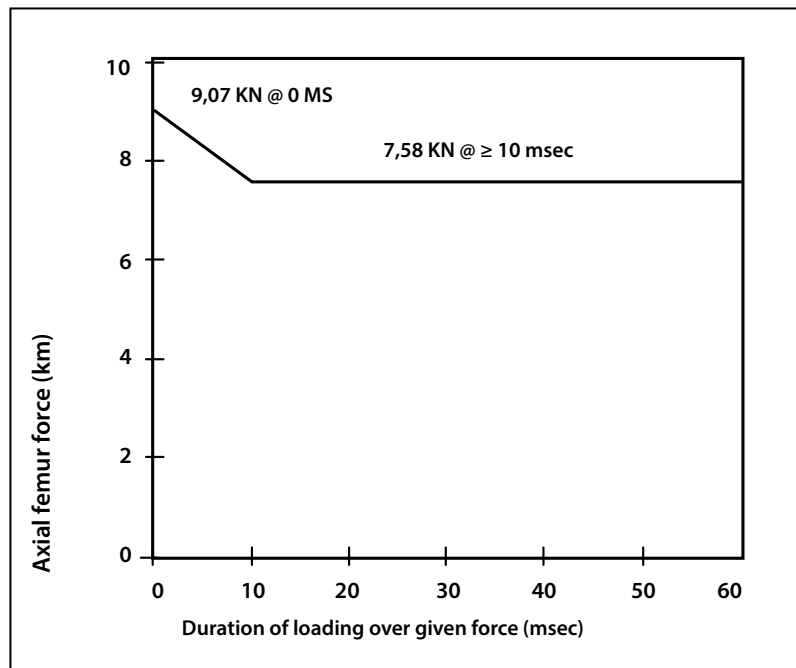
"From regulation No. 94: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a frontal collision, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

³⁷El criterio de compresión de la tibia o TCFC mide las fuerzas axiales de compresión que se transmiten a las tibias de un maniquí de prueba, producto de una colisión. Este indicador se expresa en KN.

³⁸El índice de tibia es otro criterio utilizado para medir el daño en las tibias que se puede producir durante una colisión. Éste es un parámetro adimensional y está en función de los momentos flectores y de las fuerzas de compresión producidas en las tibias.

3. El momento flector del cuello en dirección hacia adelante o atrás (alrededor del eje y) no debe ser mayor que 57 Nm.
4. El ThCC no debe superar 50 mm.
5. El V*C debe ser menor 1.0 m/s.
6. El FFC no debe superar el criterio de fuerza vrs tiempo mostrado en la Ilustración 4-75.

Ilustración 4-75. Criterio de la fuerza en el fémur.



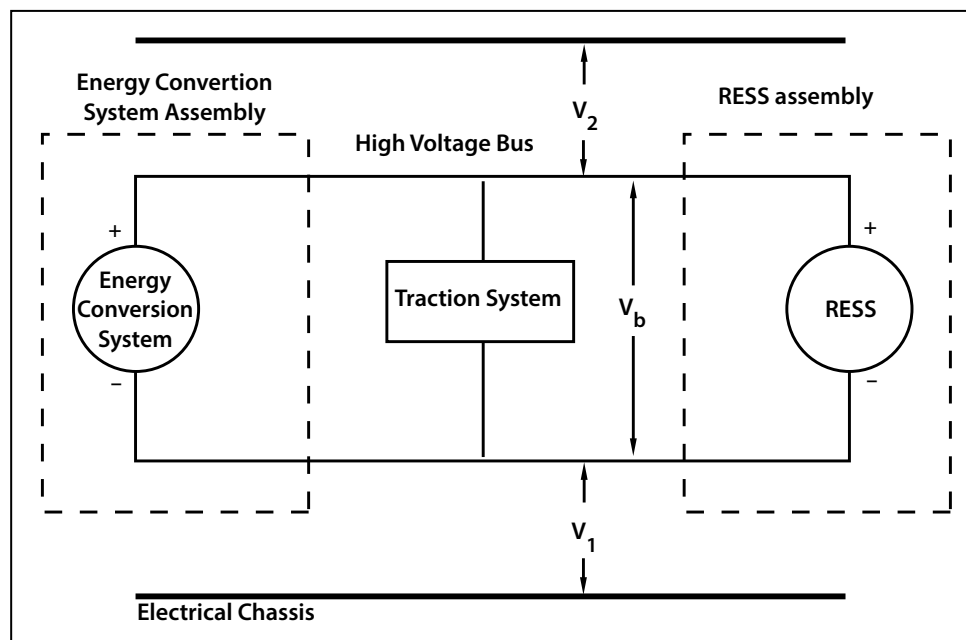
"From regulation No. 94: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a frontal collision, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

7. El TCFC debe ser inferior a 8 kN.
8. El TI (medido en la parte superior e inferior de cada tibia) debe ser menor a 1.3.
9. El desplazamiento de la rodilla no debe ser mayor a 15 mm.
10. El desplazamiento residual del sistema de dirección no debe exceder 80 mm verticalmente hacia arriba, ni 100 mm horizontalmente hacia atrás.
11. Después del impacto ninguna puerta se debe abrir, ni se deben bloquear las puertas delanteras. Además, después de la colisión las puertas se deben poder abrir sin necesidad de herramientas, se debe poder liberar el cinturón de seguridad aplicando una fuerza de 60 N en el botón central y el maniquí se debe poder extraer del vehículo con facilidad.
12. Si ocurre una fuga de combustible, o una combinación de combustible con otros fluidos, el flujo no debe ser mayor que 30 g/min.

Los vehículos eléctricos también son sometidos a pruebas de colisión frontal, pero además de los requerimientos previamente mencionados, antes y después se realizan ciertas mediciones eléctricas para determinar que no exista la posibilidad de que los ocupantes reciban descargas eléctricas peligrosas. Para ello se conecta un circuito en paralelo al sistema de potencia eléctrica del vehículo de forma que se puedan tomar algunas mediciones de voltaje o energía, según sea el método que se desea utilizar. A continuación se indican los requerimientos del voltaje o energía:

1. El voltaje entre el chasis eléctrico y el bus de alta tensión³⁹ (V_1 y V_2) y el voltaje del bus de alta tensión (V_b) no deben superar 30 VAC o 60 VDC según sea el caso, como lo muestra la Ilustración 4-76.

Ilustración 4-76. Diagrama eléctrico para la medición de voltajes después de la prueba de colisión frontal y lateral.



"From regulation No. 94: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a frontal collision, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

2. La energía total de los buses de alta tensión y la energía almacenada en los capacitores debe ser menor a 2.0 Joules.

El voltaje y la energía no son los únicos parámetros eléctricos que se toman en cuenta, sino que también se lleva a cabo una medición de la resistencia eléctrica del sistema de aislamiento. Para tomar la medida de la resistencia del aislamiento se coloca una resistencia estándar (de un valor conocido) y luego se mide la caída de voltaje entre el chasis y el bus de alta tensión, a partir de la cual se puede medir la resistencia del aislamiento. Entonces, si el tren de potencia eléctrico consiste de buses de AC y DC

³⁹Un bus de alta tensión es un conductor eléctrico rígido que sirve para conectar dos o más circuitos.

aislados separadamente, la resistencia mínima aceptable de los buses de DC es 100 Ω/V y la resistencia mínima de los buses de AC debe ser 500 Ω/V del voltaje de trabajo. Por otro lado, si los buses AC y DC del tren de potencia eléctrica están aislados conjuntamente, la resistencia eléctrica del aislamiento debe ser 500 Ω/V .

En la inspección de la protección del sistema eléctrico también se realiza una prueba para comprobar que los dedos de las manos de las personas no puedan entrar en contacto con las partes de alto voltaje (protección conocida como IPXXB). Para ello utiliza un dedo mecánico de metal articulado (ver Ilustración 4-6), que permite detectar descargas eléctricas, con el fin de verificar si el protector eléctrico del sistema de energía del vehículo funciona adecuadamente. Este dedo se introduce en diversas cavidades del aislamiento eléctrico, aplicando para una fuerza de 10 N. Además, la resistencia entre todas las partes conductoras de electricidad que quedan expuestas y el chasis eléctrico debe ser de 0.1 Ω cuando circula una corriente de 0.2 A.

Similarmenete a los vehículos con motores de combustión interna, después de la prueba de choque de los vehículos eléctricos se lleva a cabo una medición del derrame del electrolito de las baterías, el cual 30 minutos después de la colisión no debe ser mayor a 5.0 L o 7% del total del electrolito de las baterías, según sea la menor cantidad.

Por último, se lleva a cabo una inspección visual para corroborar que ninguna parte del sistema de energía recargable (REESS) del vehículo ingrese dentro del compartimiento de los ocupantes en caso de que originalmente estuvieran colocadas fuera del mismo, o que el sistema de energía recargable se mantenga dentro del compartimiento de los pasajeros si originalmente estaba colocada ahí.

ECE 95 (Protección ante colisiones laterales)

En esta regulación se especifican los requerimientos de la capacidad de ofrecer protección ante colisiones de laterales del compartimiento para pasajeros de los vehículos de pasajeros M_1 y N_1 .

Para corroborar que el compartimiento para pasajeros provea suficiente protección ante colisiones laterales, los vehículos de pasajeros son sometidos a una prueba de colisión lateral. Para ello se chocan los vehículos con una barrera deformable móvil (ver Ilustración 2-41) que al momento del impacto viaja a una velocidad de 50 km/h, y cuya masa total es de 950 kg. Dentro del vehículo se coloca un maniquí atropomórfico con las dimensiones y el peso del percentil 50 de un hombre adulto, instrumentado para poder medir el grado de daño en diversas partes del cuerpo. El maniquí debe estar asegurado con los cinturones de seguridad, la cabecera debe estar colocada a la altura del centro de gravedad de su cabeza y se deben utilizar los otros dispositivos de aseguramiento que posea el vehículo. Los parámetros utilizados para determinar la magnitud del daño son: el HCP, el RDC⁴⁰, el VC⁴¹, el PSPF⁴² y el el APF⁴³, cuyos valores límite se muestran en la Tabla 4-41.

⁴⁰ RDC es el indicador de la deflexión de las costillas.

⁴¹ VC es el criterio de tejidos blandos.

⁴² PSPF es el indicador de la fuerza pico en unos tejidos de la zona púbica.

⁴³ Es la fuerza pico aplicada sobre el abdomen.

Tabla 4-41. Valores límite permitidos de los indicadores de daño corporal ante colisiones laterales

Parámetro	Valor límite permitido
HCP	$\leq 1,000$
RDC	≤ 42 mm
VC	≤ 1.0 m/s
PSPF	≤ 6 KN
APF	≤ 2.5 KN (fuerza interna)

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°95 de la ECE.

Además de los criterios mostrados en la Tabla 4-41, los vehículos eléctricos también deben estar diseñados de forma que después de una colisión sus ocupantes no corran el resgo de sufrir un choque eléctrico. Para ello, después del impacto los vehículos eléctricos deben satisfacer al menos uno de los siguientes cuatro criterios:

1. Debe haber ausencia de alto voltaje: el voltaje entre el chasis eléctrico y el bus de alta tensión (V_1 y V_2) y el voltaje del bus de alta tensión (V_b) no deben superar 30 VAC o 60 VDC según sea el caso, como lo muestra la Ilustración 4-76.
2. Energía eléctrica baja: la energía total en los buses de alta tensión debe ser menor a 2 Joules.
3. Protección física: debe contar con protección contra el contacto con elementos de alta tensión. Esto se comprueba al realizar una prueba con un dedo articulado mecánico de metal que permite determinar si ciertas partes eléctricas quedan expuestas de forma que puedan ser contactadas por un dedo. Para ello se incerta el dedo en cualquier abertura o cavidad del sistema de protección eléctrico, aplicando una fuerza de 10 kN.
4. Resistencia del aislante: la resistencia eléctrica del aislante del bus de alta tensión debe tener por lo menos un valor de 100 Ω/V , para buses de corriente alterna, o de 500 Ω/V , para buses de corriente directa o de una combinación de corriente alterna y directa. Esto se puede determinar colocando una resistencia entre el chasis eléctrico y el bus de alta tensión con un valor conocido y midiendo la caída de tensión en ella, lo cual permite calcular la resistencia eléctrica del aislante.

Los vehículos también deben estar diseñados de forma que se evite un derrame peligroso del electrolito de las baterías. Por lo tanto, 30 minutos después de haber ocurrido la colisión, no debe ingresar electrolito al compartimiento de los pasajeros y no se debe haber derramado fuera de él más del 7% del electrolito de la RESS, a excepción de las RESS abiertas, en cuyo caso el volumen máximo del electrolito derramado no debe ser mayor a 7%, ni debe ser mayor a 5 L. Además, durante ni después de la colisión ninguna parte de la RESS que se encuentra fuera del compartimiento de los ocupantes debe ingresar a él ni viceversa.

ECE 97 (Sistemas de alarmas de los vehículos motorizados)

En esta regulación se especifican los requerimientos de los sistemas de alarma y de los inmovilizadores de los vehículos de pasajeros M_1 y N_1 , hechos para que estén instalados permanentemente.

Los sistemas de alarmas por lo menos deben dar una alerta cuando se abre alguna de las puertas del vehículo, la capota o el maletero. Pero el diseño del sistema de la alarma debe ser tal que no suene innecesariamente cuando el vehículo es impactado, ni por problemas de compatibilidad electromagnética, ni por reducción del voltaje de la batería, inversión de la polaridad o corto circuito. Además, las alarmas deben cumplir con ciertos patrones de funcionamiento. Por ejemplo, la duración de la alarma sonora debe ser de mínimo 25 s y máximo 30 s, con una frecuencia de 2 Hz y el nivel de sonido debe cumplir con la regulación ECE 28.

Los inmovilizadores son unos dispositivos que evitan que el vehículo sea conducido. Esto lo hacen ya sea deshabilitando por lo menos dos circuitos separados que son necesarios para activar el vehículo, o codificando uno de esos circuitos.

Los sistemas de alarma e inmovilizadores deben ser sometidos a diversas pruebas a fin de determinar si cumplen con los requisitos de funcionamiento normales. También se realizan otras pruebas para ver si esos dispositivos pueden funcionar de la forma requerida después de haber sido sometidos a ciertas variaciones ambientales y de funcionamiento. Debido a ello se realizan pruebas para estudiar su resistencia a cambios de temperatura y voltaje, a ciertas condiciones ambientales, inversión de la polaridad, cortos circuitos y vibraciones.

La primera prueba consiste en someter los sistemas de alarmas e inmovilizadores a cambios de temperatura y voltaje por periodos de cuatro horas. Los componentes de los sistemas de las alarmas y de los inmovilizadores deben ser capaces de operar adecuadamente en rangos de temperatura y voltaje que van desde los -40°C y 9 V hasta los 85°C y 15 V, si las partes están colocadas en la cajuela, o 125°C y 15 V si las partes están colocadas en el compartimiento del motor. Además, los sistemas de alarmas y los inmovilizadores son sometidos a un exceso de voltaje de 18 V por una hora y 24 V por un minuto.

La segunda es una prueba de resistencia a la intemperie siguiendo los lineamientos estipulados en la norma IEC 68-2-30-1980. Esta prueba consiste en producir ciclos de cambio de temperatura bajo condiciones húmedas.

En la tercera prueba se realizan ensayos para determinar si los componentes cumplen con los niveles de protección contra la intrusión de objetos, según lo indicado en la norma IEC 529-1989, como se muestra en la Tabla 4-42.

Tabla 4-42. Niveles de protección contra la intrusión de objetos en los componentes de los sistemas de alarmas

Instaladas dentro del compartimiento de los pasajeros	IP 40	Protección contra herramientas y cables de más de 1 mm de diámetro	No se requiere protección.
Instaladas dentro del compartimiento de los pasajeros de convertibles y vehículos con paneles removibles en el techo	IP 42	Protección contra herramientas y cables de más de 1 mm de diámetro	Protección contra objetos sólidos de hasta 1 mm de diámetro y protección contra gotas de agua recibidas desde un ángulo de hasta 15° con respecto a la vertical
Todas las demás partes	IP 54	Protección contra herramientas y cables de más de 1 mm de diámetro	Protección contra el polvo y contra gotas de agua rociadas desde cualquier dirección

Elaboración propia. Información obtenida de de “Understanding the IP (Ingress Protection) ratings of iButton data loggers and capsule,” por Maximun Integrated, 2007.

La cuarta prueba se hace para estudiar la seguridad contra la inversión de la polaridad, en la cual los sistemas no deben destruirse al ser sometidos a una inversión de polaridad de 13 V durante dos minutos.

De forma similar, en la quinta prueba se determina la protección ante cortos circuitos, en la que los sistemas no deben destruirse cuando se produce un cortocircuito de 13 V en las conexiones eléctricas.

En la sexta prueba se llevan a cabo unos ensayos de vibración que consisten en someter los componentes a 10 ciclos de vibraciones sinusoidales en los tres ejes coordinados, caracterizados por los parámetros descritos en la Tabla 4-43. En las pruebas, la frecuencia de variación es de 1 octavo/min y si las vibraciones son aplicadas a frecuencias bajas se mantiene la amplitud máxima constante, mientras que si son aplicadas a frecuencias altas, se mantiene la aceleración máxima constante.

Tabla 4-43. Pruebas de vibración de los componentes de los sistemas de alarmas: características de los modos de vibración

Tipo de componente	Variación de frecuencia (HZ)	Amplitud máxima (mm)	Aceleración máxima
Componentes que están normalmente montados en el vehículo	10 - 500	5	3 G
Componentes hechos para ser adjuntados al motor	20 - 300	2	15 G

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°97 de la ECE.

Una vez finalizada cada una de las seis pruebas mencionadas anteriormente, se llevan a cabo pruebas para corroborar que los sistemas de las alarmas y los inmovilizadores funcionen conforme a los requerimientos antes mencionados.

Luego se lleva a cabo una medición del consumo de energía bajo condiciones normales de operación (23°C, 12 V) para comprobar que éste en promedio no sea mayor a 20 mA para el sistema de alarma completo.

A los sistemas de las alarmas y de los inmovilizadores también se les realizan pruebas de compatibilidad electromagnética. Estas pruebas se llevan a cabo para corroborar que no ocurran daños, bloqueos que requieran de reiniciar el sistema, ni defectos en la información almacenada cuando se producen perturbaciones a través de las líneas de suministro y a través de las líneas de señal, o perturbaciones producidas por radiaciones de alta frecuencia, descargas electrostáticas o contra emisiones irradiadas. Para estudiar la inmunidad ante las perturbaciones conducidas a través de las líneas de suministro y en las líneas de señal acopladas se utiliza el procedimiento estipulado en la normas ISO 7637-1:1990 e ISO 7637:1993 parte 3. Estas pruebas consisten en aplicar diversos pulsos eléctricos en las líneas de suministro o de señal, según sea el caso, los cuales simulan diversos problemas eléctricos que se pueden presentar.

Las pruebas de inmunidad ante perturbaciones de descarga electrostáticas se llevan a cabo de acuerdo con lo indicado en la norma ISO 10605-1993. Estas pruebas consisten en aplicar descargas electrostáticas por medio de un aparato conocido como generador de capacitancia (ver Ilustración 4-77). Este se coloca en algunos lugares que pueden alcanzarse fácilmente desde adentro o desde afuera del vehículo simulando dos tipos de descargas: descargas a través del contacto directo y descargas a través del aire, para lo cual se coloca el generador de capacitancia lo suficientemente cerca, pero sin tocar el vehículo, antes de generar la descarga.

Por su parte, las pruebas de la inmunidad ante perturbaciones producidas por radiaciones de alta frecuencia y por emisiones de radiación se llevan a cabo de acuerdo con lo descrito en la Regulación vehicular N° 10 de la ECE.

Hay otras pruebas que son aplicadas solo a los sistemas de alarmas, entre las que se encuentran las pruebas de durabilidad, de activación y de protección ante falsas alarmas.

Ilustración 4-77. Prueba de inmunidad ante perturbaciones producidas por descargas electrostáticas

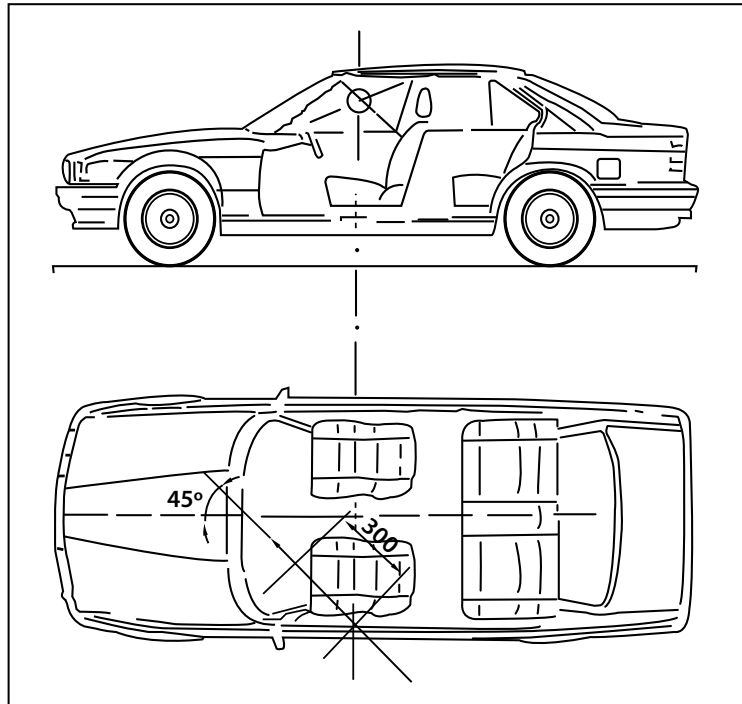


Esta figura se obtuvo de la norma ISO 10605:2008 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

En el ensayo de durabilidad, los sistemas de alarmas son sometidos a 300 ciclos completos de activación de la alarma, con un descanso del sistema sonoro de 5 minutos. Los llavines externos también son puestos a prueba bajo la aplicación de 2,500 ciclos de apertura y cierre, seguidos de 96 horas de una prueba de aspersión con solución salina para ver su resistencia a la corrosión, de acuerdo con los procedimientos de la norma IEC 68-2-11-1981.

En la prueba de activación, la alarma debe activarse cuando se introduce un objeto dentro del compartimiento de pasajeros. Para probar eso se lleva a cabo la prueba de protección del compartimiento de pasajeros, la cual consiste en meter a través de una ventana abierta un panel de 0.2 x 0.15 m a lo largo de 0.3 m en la dirección mostrada en la Ilustración 4-78, a una velocidad de 0.4 m/s.

Por el contrario, en las pruebas de protección contra falsas alarmas, las alarmas no deben activarse ante impactos o una reducción de voltaje. En la prueba de seguridad ante la emisión de una falsa alarma en el caso de un impacto, se golpea el vehículo con un objeto semiesférico de forma que se produzca un golpe de 4.5 Joules de energía, objeto que posee un diámetro de 165 mm y una dureza Shore A 70. Por su parte, la prueba de seguridad ante la emisión de una falsa alarma a causa de una reducción de voltaje consiste en reducir el voltaje de la batería principal hasta 3 V. Por último, para corroborar que la alarma diseñada para proteger el compartimiento de pasajeros no produzca falsas alarmas, se golpea el vehículo cinco veces seguidas a intervalos de 0.5 segundos, siguiendo el mismo método utilizado para la protección ante falsas alarmas cuando el vehículo recibe un golpe.

Ilustración 4-78. Prueba de protección del compartimiento de pasajeros

"From regulation No. 97: Uniform provisions concerning the approval of vehicle alarm systems (VAS) and of motor vehicles with regard to their alarm systems (AS), © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 100 (Vehículos eléctricos)

El objetivo de este estándar es especificar los requerimientos de seguridad de los vehículos eléctricos de las categorías M y N, con una velocidad máxima de diseño que excede los 25 km/h, pero no contempla la seguridad ofrecida después de los accidentes.

Para determinar si estos vehículos son seguros, son sometidos a pruebas para medir la resistencia del aislamiento eléctrico del chasis. Además, la fuente de energía recargable es sometida a pruebas de vibraciones mecánicas, choques térmicos cíclicos, choque mecánico, integridad mecánica, resistencia al fuego, protección externa contra cortocircuitos, protección contra sobrecargas, protección contra sobre-descargas, protección contra el sobrecalentamiento y emisiones de hidrógeno.

Chasis

Medición de la resistencia del aislamiento eléctrico del chasis

Para llevar a cabo esta medición se puede hacer uso de un medidor de resistencia eléctrica, conectándolo a dos partes expuestas del chasis y aplicando un voltaje de corriente directa con una magnitud al menos de la mitad del voltaje de trabajo del bus de alta tensión.

Alternativamente se puede realizar la medición conectando en paralelo una resistencia eléctrica de magnitud conocida y estimando la resistencia eléctrica del aislamiento del chasis a partir

de las mediciones de la caída de voltaje asociadas a la resistencia eléctrica, como lo muestra la Ilustración 4-76. El valor de la resistencia eléctrica del aislamiento debe ser como mínimo $100 \Omega/V$ del voltaje de corriente directa de los buses de alta tensión, o $500 \Omega/V$ del voltaje de corriente alterna de los buses de alta tensión.

Alternativamente se puede realizar la medición conectando en paralelo una resistencia eléctrica de magnitud conocida y estimando la resistencia eléctrica del aislamiento del chasis a partir de las mediciones de la caída de voltaje asociadas a la resistencia eléctrica, como lo muestra la Ilustración 4-76. El valor de la resistencia eléctrica del aislamiento debe ser como mínimo $100 \Omega/V$ del voltaje de corriente directa de los buses de alta tensión, o $500 \Omega/V$ del voltaje de corriente alterna de los buses de alta tensión.

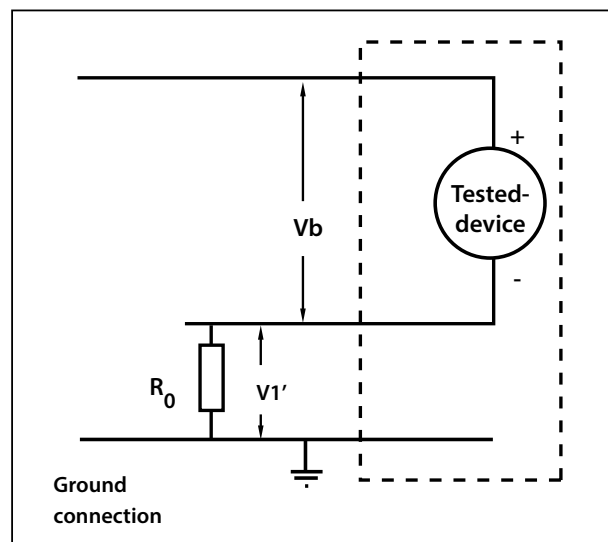
Fuente de energía eléctrica recargable

Varios de los criterios de aceptación asociados a la seguridad de la fuente de energía eléctrica recargable se basan en el cálculo de la resistencia de su aislamiento eléctrico después de someterla a las diversas pruebas. Para determinar el valor de la resistencia de su aislamiento, también se puede hacer una medición directa o hacer el cálculo a partir del uso de una resistencia eléctrica con un valor conocido.

Al tomar la medida directamente se debe tener en cuenta que el voltaje de corriente directa que se debe aplicar debe ser mayor al voltaje de la fuente de energía.

Por otro lado, al hacer uso de una resistencia eléctrica con un valor conocido, se conecta la resistencia en paralelo al circuito y se mide la caída de voltaje asociada, para poder calcular a partir de ella el valor de la resistencia del aislamiento eléctrico, como se aprecia en la Ilustración 4-79.

Ilustración 4-79. Medición de la resistencia eléctrica del aislamiento de la fuente de energía



En esta figura R_0 es la resistencia eléctrica de un valor conocido, V_1 es la medición de la caída de voltaje a través de la resistencia y V_b es el voltaje del bus de alta tensión.

"From regulation No. 100: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Además, antes de iniciar o al finalizar algunas pruebas la fuente de energía es sometida a ciclos de descarga-carga estándares que consisten en las siguientes etapas:

Tasa de descarga:	Se descarga de la manera que lo especifique el fabricante.
Límite de descarga:	Se llega al límite especificado por el fabricante.
Periodo de descanso:	30 minutos como mínimo.
Recarga estándar:	Se carga de la manera especificada por el fabricante.

Prueba de vibraciones

En esta prueba se fija la fuente de suministro de energía eléctrica a una plataforma de vibraciones, produciéndolas haciendo un movimiento con una forma sinusoidal, con un incremento y una disminución de la frecuencia entre los 7 Hz hasta los 50 Hz y viceversa, pero esas variaciones de frecuencia se hacen siguiendo una curva logarítmica y se realizan en 15 minutos. El ciclo se repite 12 veces y el movimiento se realiza en la dirección vertical según la manera en que se instala el sistema en el vehículo. Además, a diversos intervalos de frecuencia se aplican diferentes magnitudes de aceleración como se muestra en la Tabla 4-44. Al terminar la prueba se debe realizar un ciclo estándar descarga y recarga de las baterías.

Tabla 4-44. Frecuencias y aceleraciones para la prueba de vibraciones de las fuentes de energía de los vehículos eléctricos

Frecuencia (Hz)	Aceleración (m/s ²)
7-18	10
18-30	Se reduce gradualmente de 10 a 2
30-50	2

"From regulation No. 100: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Durante el ensayo no se deben apreciar derrames de electrolito, ni se deben producir rupturas, fuego o explosiones. Además, si la fuente de energía es de alto voltaje, el aislamiento eléctrico debe tener una resistencia de al menos 100 Ω/V .

Ensayo de choques térmicos cíclicos

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia de la fuente de energía a cambios de temperatura, simulando cambios de temperatura rápidos que pueden ocurrir en el ambiente. Los ciclos de cambios térmicos consisten en:

- A. Calentar el dispositivo a 60°C durante 6 horas.
- B. Almacenamiento en un ambiente a -40°C durante 6 horas.

- C. Se repiten los pasos A y B cinco veces.
- D. Se almacena el dispositivo en un ambiente a 20°C durante 24 horas.
- E. Se aplica un ciclo de descarga y recarga estándar.

Durante el ensayo no se deben apreciar derrames de electrolito, ni se deben producir rupturas, fuego o explosiones. Además, si la fuente de energía es de alto voltaje, el aislamiento eléctrico debe tener una resistencia de al menos 100 Ω/V .

Durante el ensayo no se deben apreciar derrames de electrolito, ni se deben producir rupturas, fuego o explosiones. Además, si la fuente de energía es de alto voltaje, el aislamiento eléctrico debe tener una resistencia de al menos 100 Ω/V .

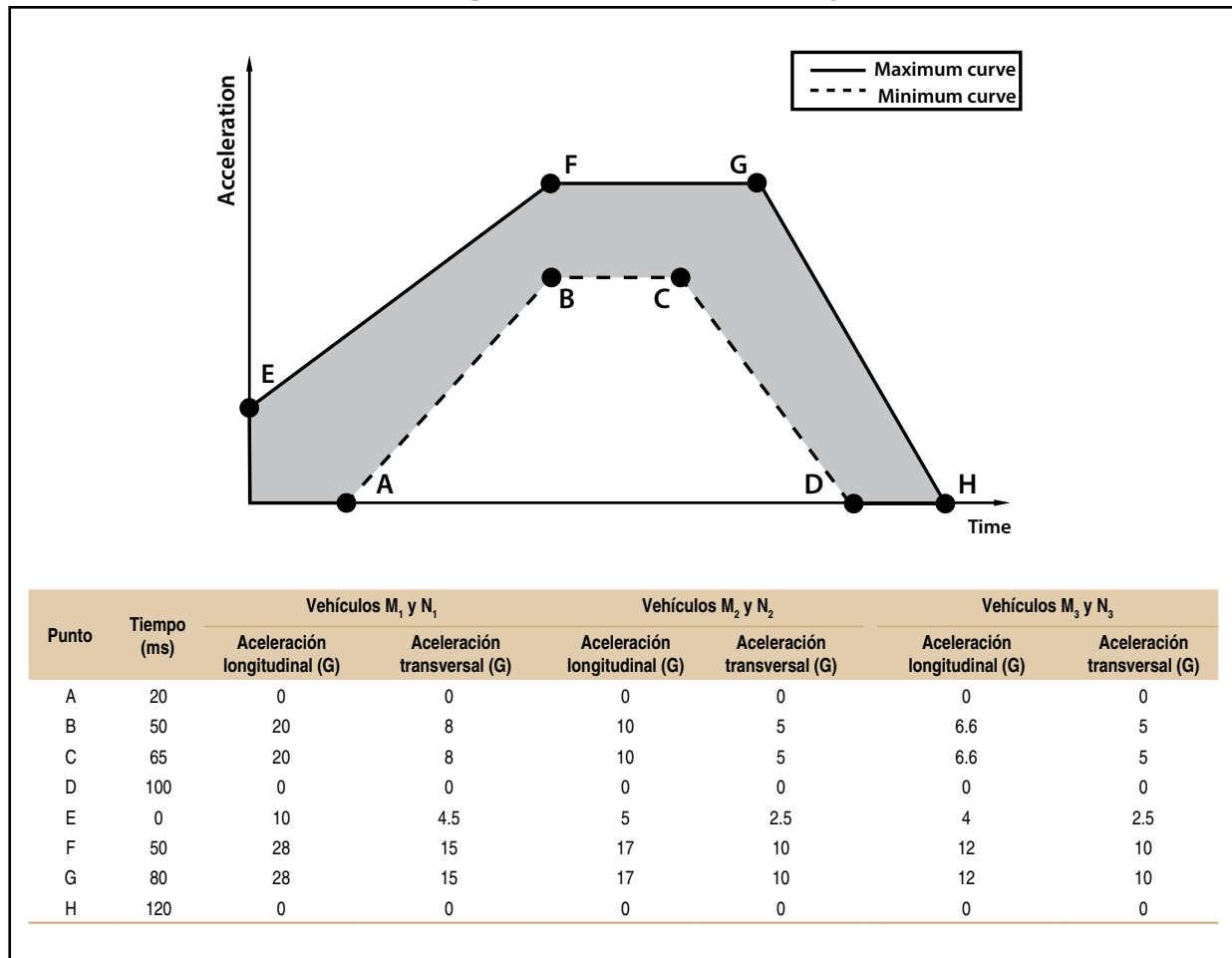
Prueba del choque mecánico

El objetivo de esta prueba es determinar si el sistema de suministro de energía ofrece una adecuada resistencia a las cargas inerciales que pueden ocurrir durante una colisión. Para ello se sujeta la fuente de energía a una plataforma que permita aplicar aceleraciones que estén dentro del área sombreada de la Ilustración 4-80.

Durante el ensayo no se debe apreciar fuego, explosiones, ni derrame del electrolito. Además, después del ensayo los componentes deben permanecer adheridos a sus elementos de sujeción y las baterías no deben desplazarse más allá de sus límites. Más aún, el aislamiento eléctrico, en el caso de que se usen baterías de alto voltaje, debe tener una resistencia de al menos 100 Ω/V .

Opcionalmente, la prueba se puede llevar a cabo usando los sistemas que fueron sometidos a las pruebas de impacto frontal especificadas en las regulaciones ECE 12, o ECE 94 y de impacto lateral especificadas en la regulación ECE 95. En tales casos, los sistemas de suministro deben cumplir con los requisitos especificados en tales normas.

Ilustración 4-80. Prueba de resistencia al choque mecánico de las fuentes de energía de los vehículos eléctricos

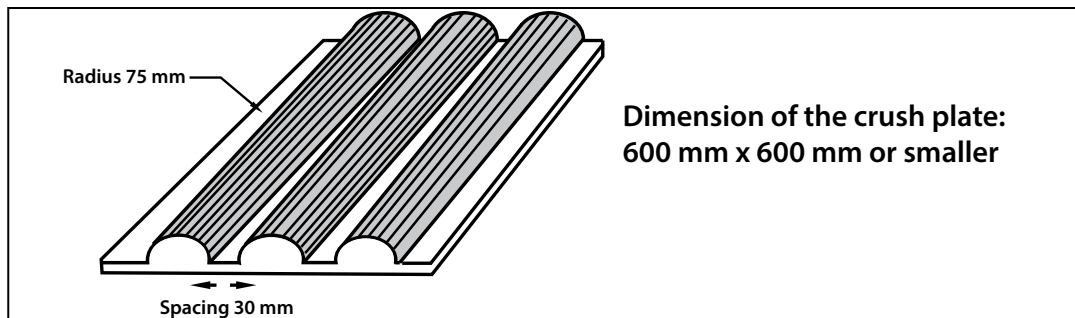


"Modified from regulation No. 100: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ensayo de integridad mecánica

El objetivo de la prueba es determinar si el sistema de suministro de energía eléctrica es capaz de soportar ciertas fuerzas que se podrían producir durante una colisión y se aplica en los sistemas de suministro que se van a colocar en los vehículos de las categorías M_1 y N_1 .

La prueba consiste en aplastar el sistema de suministro de energía eléctrica, con una fuerza de 100 kN, fuerza que debe alcanzarse en un tiempo de máximo 3 minutos y debe mantenerse durante al menos 100 ms. Para aplastar el sistema se utiliza una placa como la mostrada en la Ilustración 4-81.

Ilustración 4-81. Prueba de integridad mecánica del sistema de suministro de los vehículos eléctricos

"From regulation No. 100: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Durante el ensayo no se deben apreciar fuego, explosiones, ni derrame del electrolito. Además, después del ensayo los componentes deben permanecer adheridos a sus elementos de sujeción y las baterías no deben desplazarse más allá de sus límites. Más aún, el aislamiento eléctrico, en el caso de que se usen baterías de alto voltaje, debe tener una resistencia de al menos 100 Ω/V .

Opcionalmente, la prueba se puede llevar a cabo usando los sistemas que fueron sometidos a las pruebas de impacto frontal especificadas en las regulaciones ECE 12, o ECE 94 y de impacto lateral especificadas en la regulación ECE 95. En tales casos, los sistemas de suministro deben cumplir con los requisitos especificados en tales normas.

Prueba de resistencia al fuego

La prueba se realiza para determinar si el sistema de suministro de energía eléctrica es lo suficientemente resistente al fuego como para que los ocupantes del vehículo tengan suficiente tiempo para evacuarlo, ante un evento en el que el sistema de suministro de energía eléctrica es expuesto al fuego producido por el derrame de combustible de otro vehículo, por lo que la prueba no se aplica a los sistemas que van montados en el vehículo a una altura de 1.5 m o más con respecto al suelo.

Para ello se quema combustible en una bandeja, colocado por debajo del sistema de suministro de energía. Si el sistema está montado en un vehículo, la bandeja se debe colocar a una distancia similar a la distancia que éste tendría con respecto al suelo. Cuando se evalúa solamente el sistema de suministro de energía, la bandeja se coloca a 50 cm debajo de él.

En esta prueba se debe exponer la fuente de suministro directamente a las llamas durante 70 segundos. Luego se coloca una pantalla hecha de un material refractario sobre el fuego y se expone la fuente de manera indirecta al calor de las llamas durante 60 segundos.

Durante la prueba el sistema no debe mostrar evidencias de explosiones.

Protección externa contra cortocircuitos

En caso de que se genere un cortocircuito el sistema de suministro de corriente eléctrica debe estar diseñado de manera que se interrumpa o limite la cantidad de corriente.

Para ello se somete el sistema a una prueba que consiste en conectar las terminales positiva y negativa a través de un dispositivo que posee una corriente de $5\text{ m}\Omega$ para crear el cortocircuito, condición que se mantiene hasta que se active el mecanismo de protección del sistema o hasta que pase una hora después de que la temperatura de la carcasa del sistema se estabilice. Después se lleva a cabo un ciclo de descarga-carga estándar.

Durante el ensayo no se deben apreciar fuego, explosiones, ni derrame del electrolito. Más aún, el aislamiento eléctrico, en el caso de que se usen baterías de alto voltaje, debe tener una resistencia de al menos $100\ \Omega/\text{V}$.

Protección contra sobrecargas

Para verificar si el sistema de suministro de energía ofrece protección contra sobrecargas se carga el sistema hasta que el mecanismo protector corta la corriente o hasta que se haya cargado el sistema al doble de su capacidad nominal. Después se lleva a cabo un ciclo de descarga-carga estándar.

Durante el ensayo no se deben apreciar fuego, explosiones, ni derrame del electrolito. Más aún, el aislamiento eléctrico, en el caso de que se usen baterías de alto voltaje, debe tener una resistencia de al menos $100\ \Omega/\text{V}$.

Protección contra sobre-descargas

Los sistemas de suministro de energía deben contar con algún tipo de protección contra sobre-descargas que interrumpa o limite la corriente para prevenir que el sistema sufra algún daño severo asociado a una carga muy baja.

Para ello se comienza a descargar el sistema hasta que se activa el mecanismo de protección contra sobre-descargas o hasta que se descargue el sistema hasta el 25 % de su voltaje nominal. Después se lleva a cabo un ciclo de descarga-carga estándar.

Durante el ensayo no se deben apreciar fuego, explosiones, ni derrame del electrolito. Más aún, el aislamiento eléctrico, en el caso de que se usen baterías de alto voltaje, debe tener una resistencia de al menos $100\ \Omega/\text{V}$.

Protección contra el sobrecalentamiento

Los sistemas de suministro de corriente deben contar con algún tipo de protección contra el sobrecalentamiento interno, a pesar de que falle su sistema de enfriamiento.

Durante la prueba se carga y se descarga el sistema utilizando una corriente continua, de manera que las celdas se calienten rápidamente. Además se debe colocar el sistema en un horno convectivo o una cámara climática y se calienta hasta que se alcance el límite de temperatura de operación especificado por el fabricante o hasta que se activen los mecanismos de protección. Luego se mantienen esas condiciones hasta que:

- A El mecanismo de protección restringe la corriente de carga y/o descarga, para prevenir un aumento de temperatura.
- B Se mantiene una temperatura estable (variaciones máximas de temperatura de $\pm 4^{\circ}\text{C}$) durante 2 horas.
- C Se cumple con alguno de los siguientes criterios de rechazo:
 - a. Se producen fugas de electrolito.
 - b. Ocurre alguna ruptura.
 - c. Se incendia el sistema.
 - d. Ocurre una explosión.

Además, al finalizar la prueba el aislamiento eléctrico, en el caso de que se usen baterías de alto voltaje, debe tener una resistencia de al menos $100\ \Omega/\text{V}$.

Estimación de la emisión de hidrógeno

Por último, los vehículos que están equipados con baterías de tracción abierta (baterías líquidas que requieren ser llenadas con agua y que expelen hidrógeno gaseoso a la atmósfera), son sometidos a pruebas para determinar la emisión de hidrógeno mientras son cargadas.

Las mediciones se pueden llevar a cabo de dos maneras: evaluando el sistema instalado en el vehículo, o evaluando solo el sistema de suministro de energía. La evaluación de los sistemas instalados en los vehículos consiste de las siguientes etapas:

A Preparación del sistema de suministro de energía

Para evaluar el sistema instalado en un vehículo, primero se somete el sistema a un proceso de envejecimiento en el que se hace que el vehículo recorra al menos 300 km durante siete días.

En caso de que no pueda demostrarse que el vehículo y las baterías fueron envejecidos de esa manera, se debe someter el sistema a un proceso de descarga conduciendo el vehículo en una pista de pruebas durante 30 minutos al 70% de la velocidad máxima o en un dinamómetro.

La descarga se detiene hasta que el vehículo no sea capaz de alcanzar el 65% de su velocidad máxima, o cuando se activa una señal de advertencia que indica que se debe detener el vehículo o hasta que se hayan recorrido 100 km.

Después se cargan las baterías y se repite el proceso de descarga y carga una vez más.

B Descarga del sistema de suministro

Se descarga el sistema en un dinamómetro rotando el motor al 70% de la velocidad máxima durante 30 minutos. La descarga se detiene cuando se activa una señal de advertencia que indica que se debe detener el vehículo o hasta que la máxima velocidad que se puede alcanzar es de 20 km/h.

C Medición de la emisión de hidrógeno durante una carga normal.

Se parquea el vehículo en una cámara cerrada durante un tiempo de entre 12h y 36h, en la que se mantiene la temperatura en aproximadamente 293 K. La cámara debe permitir realizar la medición de la cantidad de hidrógeno expelida, mientras se toman mediciones de la temperatura, de la presión barométrica y la concentración de hidrógeno.

Luego se conecta el vehículo para comenzar la carga normal de la batería, proceso que consta de dos partes:

- 1- Se carga la batería a una potencia constante durante cierto tiempo (t_1).
- 2- Se sobrecarga la batería a una corriente constante durante cierto tiempo (t_2), utilizando la intensidad de sobrecarga especificada por el fabricante.

Al final se calcula la masa de hidrógeno emitida con base en las mediciones de temperatura, presión y concentración de hidrógeno.

D Se descarga la batería.

E Medición de la emisión de hidrógeno cuando el cargador está defectuoso

Como máximo siete días después de realizar el ensayo anterior, se vuelve a repetir el paso C, pero simulando una falla en el cargador. Para ello se siguen los siguientes pasos:

- 1- Se carga a batería a una potencia constante.
- 2- Se carga la batería a la máxima corriente especificada por el fabricante durante 30 minutos.

Al final se calcula la masa de hidrógeno emitida con base en las mediciones de temperatura, presión y concentración de hidrógeno.

De manera similar cuando se van a realizar las pruebas solo en el sistema de suministro de energía eléctrica, se hace el mismo procedimiento indicado en los pasos B, C, D y E indicados anteriormente. La diferencia radica en el primer paso, ya que para preparar las baterías se somete el sistema de suministro de energía eléctrica a cinco ciclos de descarga-carga estándares.

Al finalizar las pruebas, la masa de hidrógeno medida durante la carga normal no debe superar los 125 g durante 5 horas, o debe ser menos de $25 \times t_2$ [g] durante el periodo t_2 medido en horas. Además, la masa de hidrógeno cuando existe una falla en el cargador debe ser inferior a 42 g, y el cargador debe estar diseñado de manera que limite la posible falla a un tiempo máximo de 30 minutos, por lo que automáticamente se debe detener la carga de la batería.

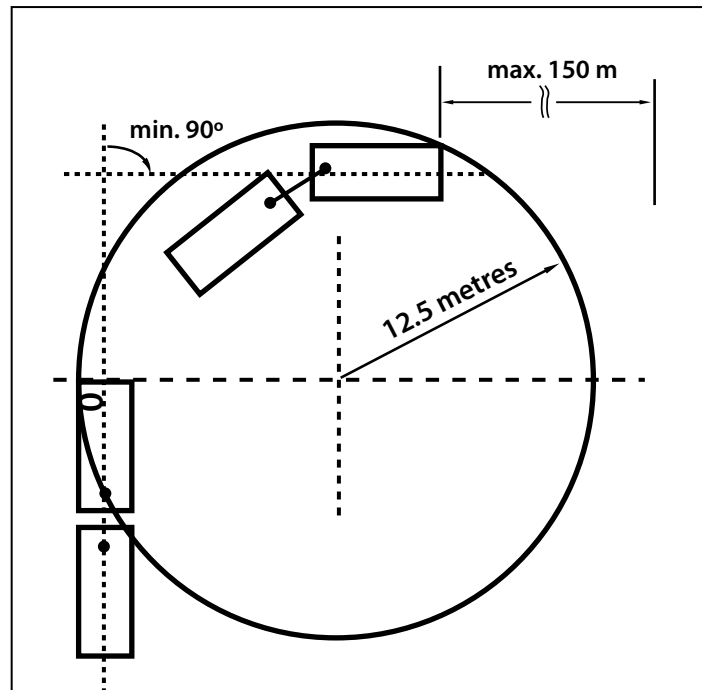
ECE 102 (Dispositivos de acoplamiento)

En este estándar se especifican los requerimientos de los dispositivos de acoplamiento entre los vehículos impulsores y los remolques o semirremolques (vehículos clasificados como N_2 , N_3 , O_3 y O_4).

Estos dispositivos deben permitir que los vehículos articulados tengan una adecuada maniobrabilidad, para lo cual deben permitir el movimiento relativo entre los vehículos que conectan, permitiendo que haya suficiente espacio en medio de ellos para evitar que las partes choquen entre sí. Para ello se realizan pruebas de la distancia de recuperación después de una trayectoria curva, de estabilidad de la combinación de vehículos, de movimiento circular y de conducción en inclinaciones.

La prueba de la distancia de recuperación consiste en acelerar el vehículo en línea recta lo más rápido posible hasta alcanzar 30 km/h, partiendo desde el reposo y desde una posición en la cual el ángulo entre el vehículo impulsor y el remolque o semirremolque es diferente de 180° . Para colocar el vehículo en la posición de inicio se debe conducir procurando que su vértice externo frontal siga una circunferencia de 12.5 m de radio, a través de un ángulo de 90° , como se muestra en la Ilustración 4-82. Entonces, para que el dispositivo cumpla con los requerimientos la combinación de vehículos debe alinearse entre una distancia de 150 m.

Ilustración 4-82. Prueba de recuperación de la distancia



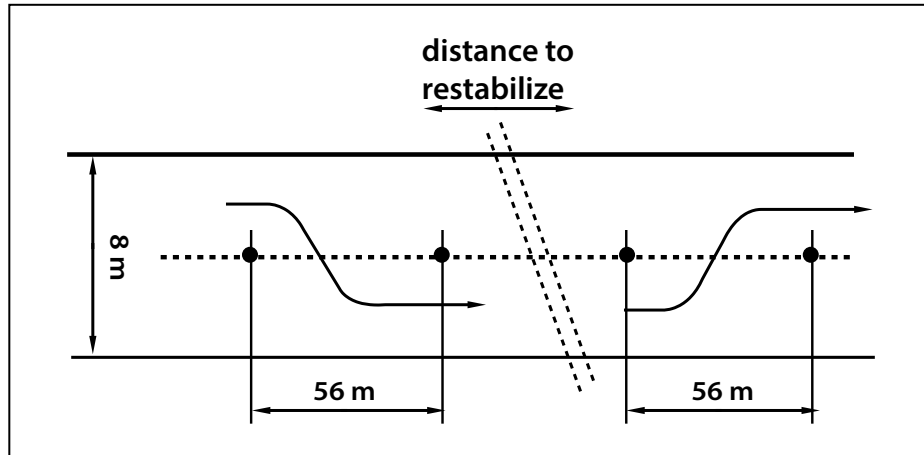
"From regulation No. 102: Uniform provisions concerning the approval of: I. A close-coupling device (CCD). II. Vehicles with regard to the fitting of an approved type of CCD, © 1997, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

También se llevan a cabo varias pruebas de estabilidad, para lo cual se debe cumplir con ciertas condiciones: la distribución de las masas del vehículo debe ser tal que se tenga el peso máximo permisible en cada eje, la altura del centro de gravedad debe estar al menos a 1.7 m de altura, la pista debe estar nivelada y tener una buena adhesión, no debe haber viento que pueda afectar los resultados y las llantas deben estar frías y con la presión adecuada. Las pruebas de estabilidad evalúan el desempeño de los dispositivos durante la conducción en línea recta y en maniobras de cambio de carril. A continuación se describen ambas pruebas:

1. Pruebas de estabilidad en línea recta: en estas pruebas primero se conduce el vehículo a una velocidad de 85 km/h en línea recta, para corroborar que el conductor no requiera girar inusualmente la manivela para mantenerlo alineado. También se realiza una prueba de frenado de emergencia, en la que se frena el vehículo desde una velocidad de menos 60 km/h desarrollando una desaceleración de al menos 4 m/s^2 , con el fin de verificar que durante el frenado el vehículo no se salga de un carril de 3.5 m de ancho. Además, se realiza una prueba de arranque en la que, partiendo del reposo, se acelera el vehículo al menos a 2 m/s^2 , con lo que se busca determinar que el acoplamiento no cause ningún movimiento entre los vehículos que pueda causarle al conductor problemas para controlarlos. Durante esas condiciones de conducción el dispositivo de acoplamiento no debe sufrir deformaciones permanentes

⁴⁴ Una combinación de vehículos es un vehículo compuesto por un tractocamión (vehículo impulsor) y uno o varios remolques o semirremolques.

Ilustración 4-83. Prueba de estabilidad en maniobra de cambio de carril

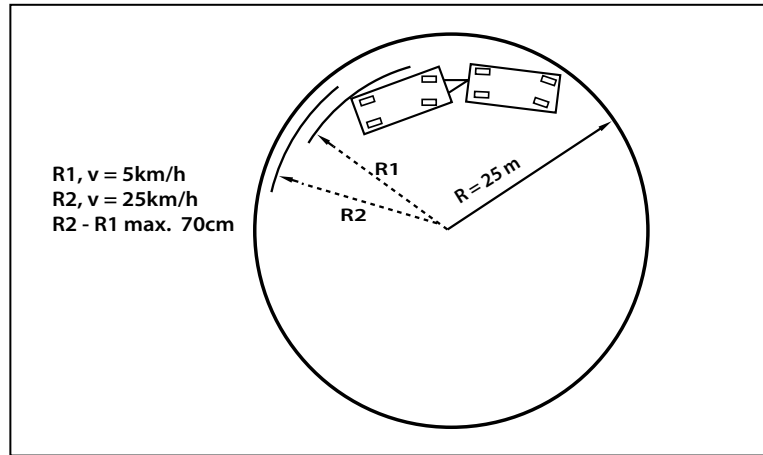


"From regulation No. 102: Uniform provisions concerning the approval of: I. A close-coupling device (CCD). II. Vehicles with regard to the fitting of an approved type of CCD, © 1997, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

2. Prueba del cambio de carril: el dispositivo de acoplamiento no debe causarle ninguna dificultad al conductor cuando se lleva a acabo una prueba que simula una maniobra de adelantamiento (ver Ilustración 4-83), en la cual se incrementa la velocidad hasta 80 km/h. Además, al hacer tres cambios de carril consecutivos desde una velocidad de 20 km/h, doblando la manivela tan rápido y lejos como sea posible, ninguna de las partes del vehículo debe entrar en contacto.

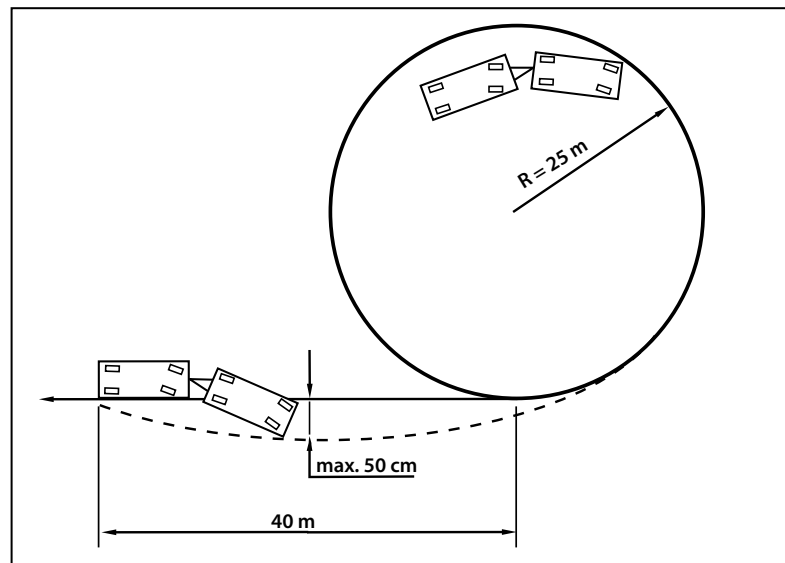
Por otro lado, en las pruebas de movimiento circular también se evalúan varias maniobras como se muestra a continuación:

1. Se conduce la combinación de vehículos alrededor de una trayectoria circular de 25 m de radio, a una velocidad de 20 km/h y una aceleración de 2 m/s^2 . No se debe provocar ninguna dificultad para controlar el vehículo.
2. Cuando los vehículos alcanzan un movimiento estable, se conduce a una velocidad constante de 5 km/h, procurando que el límite frontal del vehículo describa una circunferencia de 25 m de radio y se mide la circunferencia descrita por el límite posterior del vehículo; después, se repite el mismo procedimiento pero a una velocidad de 25 km/h y se mide la diferencia entre ambas circunferencias, diferencia que no debe superar 0.70 m para que el acoplamiento satisfaga lo requerido, tal y como se muestra en la Ilustración 4-84.

Ilustración 4-84. Prueba de estabilidad en el movimiento circular.

"From regulation No. 102: Uniform provisions concerning the approval of: I. A close-coupling device (CCD). II. Vehicles with regard to the fitting of an approved type of CCD, © 1997, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

- Después se realiza una prueba en la que al salir tangencialmente de una circunferencia de 25 m de radio y a 25 km/h, el extremo posterior del remolque o semirremolque no se debe desviar más de 0.50 m de la tangente cuando el vehículo ha avanzado 40 m sobre la tangente, como lo muestra la Ilustración 4-85. Después de ese punto el vehículo debe poder viajar sin una desviación excesiva ni vibraciones inusuales.

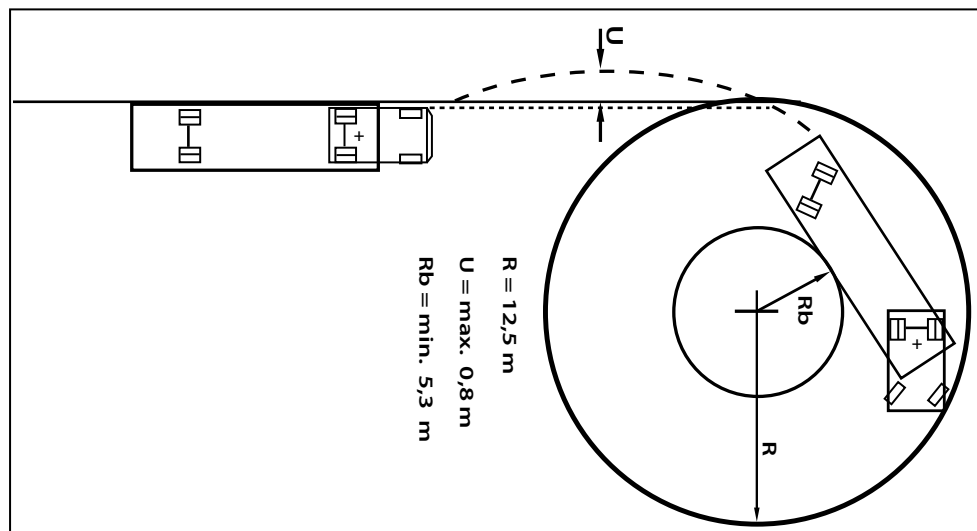
Ilustración 4-85. Prueba de estabilidad al dejar el movimiento circular

"From regulation No. 102: Uniform provisions concerning the approval of: I. A close-coupling device (CCD). II. Vehicles with regard to the fitting of an approved type of CCD, © 1997, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

4. La última prueba de movimiento circular consiste en conducir los vehículos dentro de un anillo circular con un radio externo de 12.5 m y un radio interno de 5.30 m, ingresando de forma tangencial desde una posición recta. El dispositivo de acoplamiento cumplirá con los requisitos si la parte posterior del vehículo no se aleja de la tangente en más de 0.8 m, como se aprecia en la Ilustración 4-86.

Por último, la prueba de desempeño en las pendientes simplemente consiste en conducir los vehículos acoplados hacia una pendiente para corroborar que no entren en contacto entre sí cuando están colocados en un ángulo relativo de 5° . Además, tampoco debería existir ningún contacto con el dispositivo utilizado para remolcar cuando el ángulo relativo entre el vehículo impulsor o el remolque es de 6° .

Ilustración 4-86. Prueba de estabilidad al ingresar a un anillo circular



"From regulation No. 102: Uniform provisions concerning the approval of: I. A close-coupling device (CCD). II. Vehicles with regard to the fitting of an approved type of CCD, © 1997, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 107 (Construcción general de microbuses, busetas y buses)

En esta regulación se dan los requerimientos constructivos de los vehículos M_2 y M_3 .

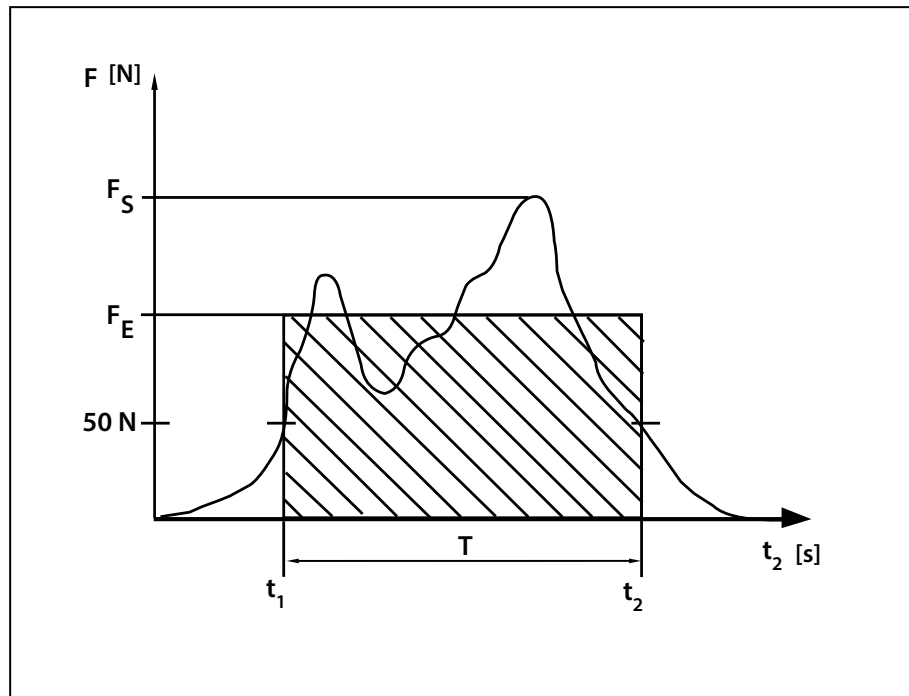
En ella se detallan muchos requerimientos constructivos de las busetas, microbuses y buses con el fin de asegurar que los pasajeros tengan una adecuada movilidad y puedan viajar de forma segura; no obstante, en este apartado solo se explicarán aquellos requerimientos en los que se realizan ciertos tipos de pruebas para comprobar el adecuado funcionamiento de ciertos sistemas o del vehículo en general. Entre esas pruebas se tiene: la prueba de estabilidad, la de acción de cerrado de las puertas de servicio y rampas eléctricas, la de movilidad de los pasajeros, la de resistencia de los dispositivos de sujeción de sillas de ruedas y la de resistencia de los respaldares que se colocan en el espacio designado para las sillas de ruedas que se orientan viendo hacia atrás.

La prueba de estabilidad se realiza para verificar que el vehículo no se vuelque cuando está inclinado en un ángulo de 28° con respecto a la horizontal. Para ello se colocan los vehículos en una plataforma que se puede inclinar hasta el ángulo deseado, de forma similar a la prueba mostrada en la ilustración 4-92. Esta prueba se realiza con el vehículo cargado con un peso tal que simula el peso de los pasajeros (68 kg por persona más 3 kg de equipaje en algunos casos). Además de no volcarse a un ángulo de 28° , durante la prueba no deben entrar en contacto partes que no están diseñadas para ello, ni ninguna parte del vehículo debe desprenderse.

Otro de los requerimientos constructivos de estos vehículos es que todas las puertas y rampas de accionamiento eléctrico deben estar diseñadas de manera que se elimine la posibilidad de lesionar o atrapar a algún pasajero cuando las puertas se están cerrando. Para comprobar que los vehículos cumplen con tal requisito se llevan a cabo pruebas para determinar si las puertas se abren cuando se detecta que hay alguna fuerza que se opone al cerrado y pruebas para evaluar si las puertas permiten retirar un dedo o un brazo fácilmente, si tal miembro quedó entre las puertas cerradas.

El estudio de la apertura ante una fuerza opuesta al movimiento de cerrado de las puertas se realiza con el fin de comprobar que la puertas se abren en su totalidad cuando se detecta que hay una fuerza menor o igual a 150 N que se opone a la acción de cerrado. La fuerza podría alcanzar una magnitud pico de hasta 300 N, siempre y cuando ésta ocurra por un tiempo muy corto. Para llevar a cabo este ensayo se une una celda de carga que posee un resorte que se puede retraer hasta una fuerza pico de 300 N, celda que permite realizar un análisis de las fuerzas en función del tiempo, como lo muestra la Ilustración 4-87. Cabe destacar que las mediciones se toman en los límites exteriores y en el centro de las puertas, entre otros puntos. Además, las rampas utilizadas para facilitar el acceso de las personas con movilidad limitada deben contar con un dispositivo de seguridad que prevenga las lesiones que se podrían ocasionar cuando se está desplegando o replegando la rampa, y tal dispositivo también debe estar diseñado de manera que se detenga el movimiento de la rampa cuando se aplica una fuerza de sujeción de 150 N, fuerza que también puede tener un valor pico de 300 N pero por un tiempo corto. En el caso de las rampas la medición de la fuerza se realiza en el borde externo de la rampa.

Ilustración 4-87. Estudio de las fuerzas de cerrado dinámicas



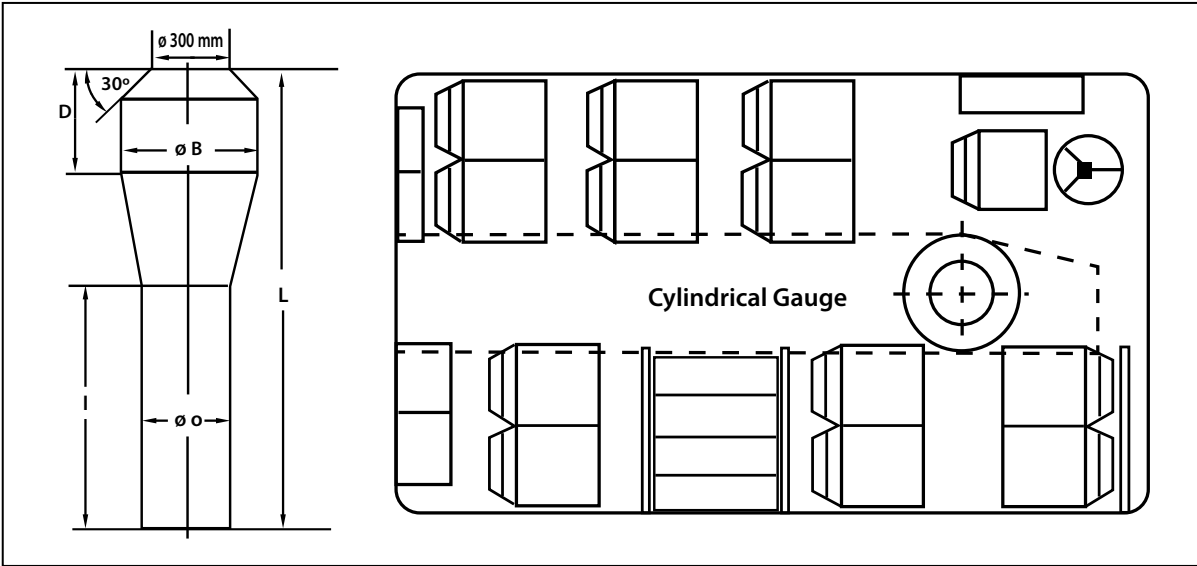
Esta figura muestra un ejemplo gráfico de Fuerza (N) vs tiempo (s) utilizado para hacer el análisis de las fuerzas de reacción dinámicas de cerrado de las puertas, en donde FS es la fuerza pico y FE es la fuerza efectiva.

"From regulation No. 107: Uniform provisions concerning the approval of category M2 or M3 vehicles with regard to their general construction, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La otra prueba de las puertas eléctricas se lleva a cabo para determinar que no exista la posibilidad de que las puertas eléctricas dejen atrapado un dedo o una muñeca de la mano de algún pasajero. Para evitar eso las puertas deben abrirse en su totalidad cuando se evita que se cierre, o deben permitir que el dedo o la muñeca de la mano se puedan extraer sin riesgo de producir alguna lesión cuando quedan atrapados en medio de las puertas, o las puertas se deben mantener abiertas en una posición que permita mover libremente una extremidad. Para corroborar esto se puede atravesar una barra de sección transversal rectangular en medio de las puertas cuando se están cerrando, para simular alguna extremidad de un pasajero.

Por otro lado, las pruebas de movilidad de los pasajeros se llevan a cabo para determinar que ellos puedan moverse con facilidad en el autobús, o que puedan salir o entrar en él sin inconvenientes. Para realizar tales corroboraciones se hace uso de unos objetos de prueba que simulan el cuerpo de los pasajeros, moviéndolos de diversas formas dentro del autobús. La forma de los objetos puede variar de acuerdo con el movimiento que se desea estudiar, ya que se analiza el acceso a las puertas de servicio, el acceso a las puertas, ventanas y escotillas de emergencia, el movimiento en los pasillos y gradas, y el movimiento de sillas de ruedas, entre otros. Por ejemplo, en la Ilustración 4-88 se muestra la forma de un objeto utilizado para analizar la movilidad de los pasajeros en el pasillo de un autobús.

Ilustración 4-88. Prueba de movilidad de pasajeros en los pasillos



En esta figura no se especifican algunas dimensiones del objeto utilizado para analizar la movilidad de los pasajeros en el pasillo, ya que estas medidas varían de acuerdo con la capacidad del vehículo a analizar y el tipo de pasillo, entre otras características.
“Modified from regulation No. 107: Uniform provisions concerning the approval of category M2 or M3 vehicles with regard to their general construction, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

Los dispositivos de sujeción de las sillas de ruedas son sometidos a pruebas de resistencia estática. Las pruebas de resistencia estática consisten en aplicar ciertas fuerzas en los diferentes elementos de sujeción a fin de corroborar si son capaces de resistirlas. Las fuerzas se aplican por un periodo de 0.2 segundos y su magnitud depende del tipo de vehículo, del tipo de sistema de sujeción y de la orientación de la silla de ruedas, pero también se acepta que cumplan con los requerimientos estipulados en la regulación vehicular ECE 16. Por ejemplo, en la Tabla 4-45 se muestran las fuerzas que deben soportar los sistemas de sujeción de sillas de ruedas y sus ocupantes.

Tabla 4-45. Fuerzas utilizadas en la prueba de resistencia estática de los elementos de sujeción de sillas de ruedas colocadas mirando hacia el frente

Tipo de vehículo	Componente				
	Cinturón de Pelvis	Cinturón de 3 puntos		Sistema de sujeción de la silla de ruedas	
		La parte de la pelvis	La parte del torso		
M ₂	11,100*	6,750*	6,750	17,150*	8,100 ⁺
M ₃	7,400*	4,500*	4,500	11,300*	8,100 ⁺

Las fuerzas se aplican simultáneamente, excepto las que llevan direcciones contrarias.
*Si los sistemas de sujeción de la silla de ruedas y de su usuario están separados, la fuerza se aplica hacia delante de forma horizontal, pero si están unidos, la fuerza se aplica hacia adelante a un ángulo de 45° con respecto a la horizontal.
+ La fuerza se aplica hacia atrás con en un ángulo de 45° con respecto al plano horizontal.
Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°107 de la ECE.

También podrían requerirse pruebas de resistencia dinámica. Estos ensayos consisten en montar el sistema de sujeción de las sillas de ruedas en un carrito que sirve para simular la acción de frenado. Cuando el movimiento se hace hacia adelante, el carrito debe detenerse por completo desde una velocidad inicial de 50 km/h con una desaceleración que ronda entre los 15 G y 20 G, pero cuando el movimiento se hace hacia atrás, el carrito debe detenerse con una desaceleración de 5 G. Al finalizar las pruebas ninguna parte del sistema debe fallar ni desprenderse, los mecanismos para liberar las sillas de ruedas deben funcionar adecuadamente y ninguna parte del sistema debe deformarse de manera tal que adquiera formas punzocortantes que puedan producir algún tipo de lesión. Además, durante la prueba la silla de ruedas no debe moverse más de 200 mm. De manera opcional, se considera satisfactorio si los cinturones de seguridad del sistema de sujeción de las sillas de ruedas cumplen con los requerimientos de la regulación ECE 16.

Por último, cuando las sillas de ruedas se orientan viendo hacia atrás, el autobús debe contar con un respaldar para ayudar a sostenerlas. Este respaldar también es sometido a una prueba de resistencia estática que consiste en aplicar una fuerza horizontal de 2,500 N hacia adelante, cuya línea de acción pasa por el centro del respaldar y la duración de la aplicación de la fuerza es de al menos 1.5 segundos. Durante la prueba el respaldar no debe dañarse, sufrir deformaciones permanentes, ni deflectarse más de 100 mm.

ECE 108 (Llantas reencuchadas para vehículos de pasajeros y sus remolques)

En esta regulación se especifican los requerimientos de algunas llantas reencuchadas de los vehículos de las categorías M₁, N₁, O1 y O₂.

Para comprobar que las llantas reencuchadas funcionan adecuadamente se les somete a una prueba de desempeño bajo carga y a una comprobación dimensional.

Para la prueba de desempeño bajo carga se deben inflar las llantas. Luego se coloca el montaje de la llanta y el aro sobre un rodillo de prueba y se aplica el 80% de la carga máxima, o la carga máxima en el caso de las llantas tipo V, W y Y, según sea el caso. Después se lleva a cabo la prueba siguiendo los pasos que se indican a continuación:

1. En un lapso de 10 min se aumenta la velocidad de la llanta desde el reposo hasta la velocidad inicial de prueba (30 – 40 km/h menos que la velocidad máxima).
2. Se aumenta la velocidad paulatinamente en incrementos 10 km/h, cada uno con una duración de 10 min, excepto el último incremento.
3. Cuando se alcanza la última velocidad de prueba (velocidad máxima o 10 km/h menos que la velocidad máxima) se mantiene esa velocidad constante por un periodo de 20 min.

Al finalizar la prueba de desempeño bajo carga las llantas no deben mostrar separación de la banda de rodadura ni de las capas. Tampoco deben mostrar desprendimiento de trozos del material ni alambres rotos.

Por último se lleva a cabo una comprobación de las dimensiones de las llantas, ya que 6 horas después de terminarse la prueba de carga/desempeño, el diámetro externo de las llantas no debe haber variado en más de un $\pm 3.5\%$ del diámetro externo inicial.

ECE 109 (Llantas reencuchadas para vehículos comerciales y sus remolques)

En esta regulación se especifican los requerimiento de algunas llantas reencuchadas para los vehículos de las categorías M_2 , M_3 , N , O_3 y O_4 .

Las llantas reencuchadas de los vehículos comerciales son sometidas a pruebas similares y poseen los mismos requerimientos de desempeño especificados para las llantas reencuchadas de los vehículos de pasajeros y sus remolques (regulación vehicular ECE 108). No obstante, las cargas y velocidades de prueba utilizadas en los ensayos de desempeño bajo carga son diferentes, ya que en la velocidad máxima de prueba es del 85% de la velocidad máxima o la velocidad máxima según sea el caso; además, la carga de prueba que se aplica sobre las llantas no es fija sino que también se utilizan incrementos de la misma, con variaciones que pueden ir desde el 66% hasta un 114% de la carga máxima de la llanta.

ECE 110 (Componentes de los tanques de gas natural comprimido y licuado e instalación en los vehículos)

Esta regulación especifica los requerimientos de los componentes de los tanques de gas natural comprimido (GNC) y gas natural licuado (GNL) que se utilizan para almacenar el combustible de los vehículos de las categorías M y N.

Los componentes de los tanques de gas natural comprimido y licuado deben ser sometidos a pruebas para demostrar que la presión de operación y las vibraciones a las que es sometido el sistema no van a influenciar el comportamiento de los componentes. Además, esos componentes deben satisfacer los requerimientos de compatibilidad electromagnética estipulados en la regulación vehicular ECE 10.

Los cilindros de gas natural comprimido deben ser sometidos a pruebas para demostrar las propiedades mecánicas de los materiales con que están hechos, a pruebas para demostrar que funcionan adecuadamente, y a pruebas de protección contra incendios.

Las pruebas a las que se someten los tanques no aplican para todos los tipos de tanques, sino que dependen del material del que están hechos como lo indica la Tabla 4-46.

Tabla 4-46. Pruebas a las que se deben someter los tanques de gas según el tipo de material

Tipo de prueba	Material				
	Acero	Aluminio	Resinas	Fibras	Forros de plástico
Resistencia a la tensión	x	x		x	x
Resistencia al impacto	x				
Resistencia de la soldadura a la reflexión	x				
Revisión de la soldadura	x				
Agrietamiento por tensión en inmersión de sulfuro	x				
Resistencia al agrietamiento a causa de la carga soportada		x			
Corrosión y agrietamiento por tensión		x			
Resistencia a fuerzas cortantes			x		
Temperaturas de suavizamiento/derretimiento					x

“Modified from regulation No. 110: Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system. II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

Asimismo se llevan a cabo pruebas para estudiar el comportamiento de los cilindros, pero ellas no se aplican a todos los tipos de cilindros sino que dependen de la categoría (ver Tabla 4-47). En esta norma se especifican cuatro categorías de cilindros de gas comprimido según su método de construcción como se indica a continuación:

- GNC-1: Metal.
- GNC-2: Camisa de metal reforzado con un filamento continuo impregnado con resina (envuelto por bandas).
- GNC-3: Camisa de metal reforzado con un filamento continuo impregnado con resina (totalmente envuelto).
- GNC-4: Filamento continuo impregnado con resina con una camisa no metálica.

Tabla 4-47. Pruebas de funcionamiento de los tanques de gas natural comprimido según su categoría constructiva

Tipo de prueba	Material			
	GNC-1	GNC-2	GNC-3	GNC-4
Estallido	x	x	x	x
Ciclos de presurización a temperatura ambiente	x	x	x	x
Dureza Brinell	x	x	x	x
Desempeño del recubrimiento	x	x	x	x
Prueba hidráulica	x	x	x	x
Daño por impacto	x	x	x	x
Propietarios de tensión de los plásticos		x	x	x
Resistencia al medio ambiente	x	x	x	x
Ambiente ácido		x	x	x
Resistencia al fuego		x	x	x
Penetración	x	x	x	x
Tolerancia a los defectos	x	x	x	x
Fluencia a alta temperatura		x	x	x
Esfuerzo de ruptura		x	x	x
Prueba de fugas			x	x
Permeabilidad				
Desempeño de los dispositivos de regulación de presión		x	x	x
Prueba de torque en la válvula principal	x			x
Ciclos de gas natural				x
Fuga antes del estallido		x	x	
Ciclos a temperaturas extremas	x	x	x	x

"Modified from regulation No. 110: Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system. II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Prueba de resistencia a la tensión

Para la prueba de resistencia a la tensión se obtienen unas muestras rectangulares de un cilindro terminado y se lleva a cabo el ensayo de la forma en que está estipulado en los estándares ISO 9809 para el acero, e ISO 7866 para el aluminio. También se llevan a cabo pruebas de tensión de la soldadura (si los tanques de acero están soldados) siguiendo el procedimiento indicado en la norma EN 13322-2.

Pruebas de impacto

Se toman muestras del material de los cilindros para someterlas a pruebas de impacto por medio de un péndulo, de acuerdo con la norma ISO 148, muestras que se toman en la dirección transversal y longitudinal. También se someten al ensayo muestras del material de la soldadura como lo estipula la norma EN 13322-2.

Revisión de la soldadura

La soldadura es sometida a una revisión macroscópica para determinar que en ella se haya dado una fusión completa y que esté libre de defectos de ensamble o de defectos inaceptables de acuerdo al nivel C de la norma EN ISO 5817.

Agrietamiento por tensión en inmersión de sulfuro

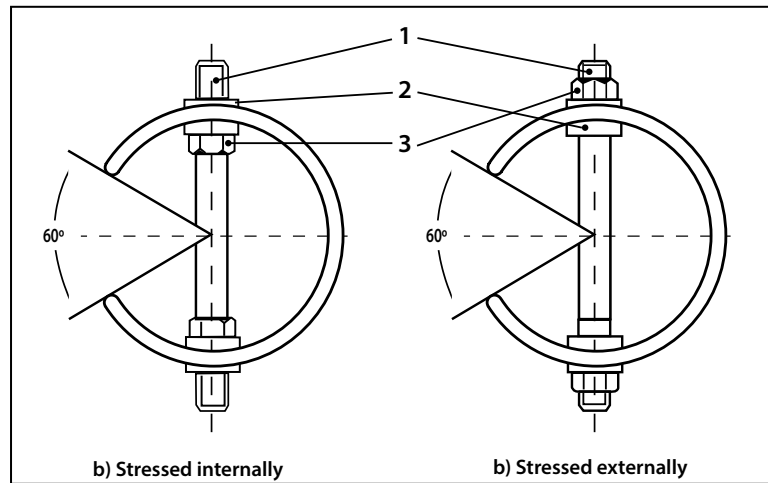
Se lleva a cabo una prueba de tensión en unas muestras obtenidas de los tanques terminados según el estándar TM0177-96 de la NACE. En esta prueba se utiliza una carga constante equivalente al 60% de la carga del esfuerzo de tensión mínimo del aluminio y se realiza bajo una inmersión de sulfuro durante 144 h.

Prueba de corrosión del aluminio

Estas pruebas se llevan a cabo de acuerdo con la norma ISO/DIS 7866. La prueba consiste en obtener muestras del material del cilindro y someterlas a un ambiente corrosivo (solución de cloruro de sodio y de peróxido de hidrógeno), con el fin de estudiar si se produce corrosión intercrystalina y la magnitud de la corrosión. Las muestras se toman de la parte central del cilindro y de la cúpula superior.

Los requerimientos dependen de la orientación de los granos del aluminio, ya que en el caso de los metales cuyos granos están orientados isotrópicamente, la corrosión no debe extenderse a lo largo de 3 granos en la dirección perpendicular a la cara del espécimen, o 2 mm, y no debe tener una profundidad mayor a 0.3 mm, pero en las aleaciones de aluminio cuyos granos están orientados anisotrópicamente, la profundidad de la corrosión no debe ser mayor a 0.1 mm.

También se realiza una prueba para determinar la susceptibilidad a la corrosión por estrés. Para ello se cortan unos anillos del cilindro y se les somete a tensión y a compresión por medio de unos pernos, como se aprecia en la Ilustración 4-89. Luego se aplica salmuera y se evalúa si se producen grietas detectables a simple vista o con una magnificación baja.

Ilustración 4-89. Prueba de susceptibilidad a la corrosión por estrés

Esta figura se obtuvo de la norma ISO 7866:1999 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Resistencia al agrietamiento a causa de la carga soportada

La prueba de resistencia al agrietamiento causado por una carga soportada se debe llevar a cabo según lo estipulado en la norma ISO/DIS 7866. La prueba consiste en someter unas muestras del material a las cuales adrede se les habían creado unas grietas con determinadas características, a para evaluar su crecimiento cuando el tanque es sometido a una presión constante. Al final, el crecimiento promedio de las grietas no debe sobrepasar 0.16 mm.

Fuga antes de la ruptura

Se someten los cilindros a ciclos de presurización que van de desde 2 MPag hasta 30 MPag, a una tasa que no exceda los 10 ciclos por minuto. El objetivo de la prueba es determinar si los tanques presentan fugas a través de sus paredes, a causa del crecimiento de algún defecto en sus paredes o en sus camisas, de manera que se pueda detectar el defecto fácilmente antes de que el tanque estalle.

Ciclos de temperatura extrema

Los cilindros no deben mostrar evidencias de ruptura, fugas o desprendimiento de las fibras después de ser sometidos a ciclos de cambios extremos de temperatura. Los ciclos consisten en las siguientes etapas:

1. Se mantienen 48 horas a una temperatura de 65°C o más y 95% de humedad relativa, sin presión.

2. Se someten los cilindros a $500 \times N$ ciclos de presurización hidrostática entre 2 MPag y 26 MPag, a una temperatura de 65°C y 95% de humedad relativa (donde N es la cantidad de años que dura la vida útil especificada por el fabricante) procurando que no se excedan 10 ciclos/minuto.
3. Se estabiliza el cilindro a temperatura ambiente y sin presión.
4. Se someten los cilindros a $500 \times N$ ciclos de presurización hidrostática entre 2 MPag y 20 MPag, a una temperatura de -40°C , donde N es la cantidad de años que dura la vida útil especificada por el fabricante, procurando que no se excedan 3 ciclos/minuto.

Después de someter los cilindros a los cambios de temperatura y presurización, se aplica presión hidrostática a los cilindros hasta que se revienten, con el fin de determinar la presión de falla. Esta debe alcanzar un valor de al menos el 85% de la presión de estallido de diseño.

Prueba de dureza Brinell

Se llevan a cabo pruebas de dureza en el centro de la pared paralela y en un extremo de los cilindros con domo. Esas pruebas se deben realizar después del tratamiento térmico del metal con el que se hacen los cilindros o sus camisas.

Prueba hidráulica

Los cilindros deben ser sometidos a una de las siguientes pruebas hidráulicas:

1. Prueba hidrostática de la camisa: se presurizan los cilindros hasta una presión 1.5 veces mayor que la presión de trabajo y se mantiene así durante por lo menos 30 segundos para asegurar que se expanda completamente. La expansión permanente no debe exceder un 5% del volumen total.
2. Ensayo de la presión de prueba: se presurizan los cilindros hasta una presión 1.5 veces mayor que la presión de trabajo. La presión de prueba del cilindro debe mantenerse durante por lo menos 30 segundos para asegurar que no hay una tendencia a perder presión, garantizando así su resistencia.

Pruebas de desempeño los recubrimientos

Los recubrimientos de los tanques de gas natural (pintura, recubrimiento orgánico, entre otros) son sometidos a diferentes pruebas para evaluar su desempeño, las cuales se llevan a cabo bajo los procedimientos estipulados en diversas normativas. En la Tabla 4-48 se muestra un resumen de los ensayos que se realizan junto con las normativas asociadas a cada uno de ellos.

Tabla 4-48. Pruebas de desempeño del recubrimiento de los tanques de gas natural comprimido

Prueba	Normativa	Requerimiento
Adhesión	ISO 4624	Nivel de adhesión 4A o 4B
Flexibilidad	ASTM D522	No deben haber grietas visibles
Resistencia al impacto	ASTM D2794	Resistir un impacto de 18 J
Resistencia química	ASTM D1308	No debe quedar evidencia de levantamiento, abrasión o de pérdida de dureza
Resistencia a la luz y al agua	ASTM G53	No debe haber evidencia de formación de ampollas y el grado de adhesión debe ser de 3 cuando es probado de acuerdo al estándar ISO 4624. La pérdida de brillo máxima permitida debe ser 20%
Resistencia a la neblina	ASTM B117	No debe haber evidencia de formaciones ampollas y el grado de adhesión debe ser de 3 cuando es probado de acuerdo al estándar ASTM D 3359
Resistencia al desprendimiento por el golpe de objetos	ASTM D3170	El nivel de adhesión debe ser de 7A o mayor y no debe quedar expuesto el sustrato
Espesor del recubrimiento	ISO 2808	Cumplir con los requerimientos de diseño

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°110 de la ECE.

Prueba de fugas

Se secan los cilindros completamente y se presurizan con aire o nitrógeno seco combinados con un gas detectable como el helio, alcanzado la presión de trabajo. Las fugas que se produzcan no deben exceder los 0.004 cm³/h.

Prueba de estallido bajo presión hidrostática

Se presurizan los cilindros a presiones que exceden en 80% la presión de diseño, a una tasa de 350 kPa/s. La presión de estallido mínima debe ser de al menos 45 MPag.

Ciclos de presurización a temperatura ambiente

En esta prueba se utiliza un fluido no corrosivo como el aceite y se hacen ciclos de presurización entre 2 MPag y 26 MPag, sin exceder los 10 ciclos/minuto. Se tiene que reportar la cantidad de ciclos que se hicieron hasta la falla del cilindro.

Prueba de resistencia al ambiente ácido

Se expone un área del cilindro de 150 mm de radio al contacto con una solución de ácido sulfúrico (simulando el ácido de una batería) durante 100 horas, manteniendo una presión de 26 MPag. Luego se eleva la presión hasta que estalle, presión que debe exceder el 85% de la presión mínima de estallido estipulada.

Prueba de resistencia al fuego

Esta prueba se realiza para demostrar que los cilindros completos (incluyendo el sistema de protección ante incendios) no van a estallar al someterse al fuego.

Para ello se coloca el cilindro a aproximadamente 100 mm de la fuente de fuego, cubriendo los accesorios con una cubierta metálica para evitar que las llamas entren en contacto directo con ellos.

Luego se enciende una fogata asegurando que las llamas tengan una altura de 1.65 m y que cubran todo el diámetro del cilindro.

En el ensayo se estudian dos condiciones de presión, por lo que los cilindros deben contener gas natural a la presión de trabajo y al 25% de la presión de trabajo. Para cumplir satisfactoriamente la prueba, durante esta los cilindros deben liberar la presión a través del dispositivo de alivio de presión.

Prueba de penetración

Se presuriza el cilindro a 20 MPa y se les dispara una bala perforadora (bala con el extremo puntiagudo) de 7.62 mm de diámetro, la cual debe penetrar por completo por lo menos una de las paredes del cilindro.

Después del disparo el cilindro no debe presentar ninguna falla por fragmentación y el desprendimiento de pequeños pedazos es aceptable siempre y cuando no pesen más de 45 gramos.

Tolerancia a los defectos del material compuesto

En esta prueba se crean ciertos defectos en la dirección longitudinal de la camisa protectora de los cilindros, defectos que deben ser más grandes que los límites de inspección visual especificados por el fabricante.

Luego se presuriza el cilindro a 3,000 ciclos que van desde los 2 MPa hasta los 26 MPa y luego se presuriza durante 12,000 ciclos más a temperatura ambiente. El cilindro no debe presentar fugas ni romperse durante los primeros 3,000 ciclos, pero si puede presentar fugas durante los 12,000 ciclos restantes, pero no deben estallar.

Prueba de fluencia a alta temperatura

Antes de realizar esta prueba se debe determinar la temperatura de transición vítrea de las resinas siguiendo el procedimiento de la norma ASTM D3418. Luego se presuriza el cilindro a 26 MPa y se mantiene así a una temperatura de 100°C durante 200 horas. Después de eso los cilindros deben satisfacer los requerimientos de la prueba hidrostática, la prueba de fugas y la prueba de estallido bajo presión hidrostática.

Esfuerzo de ruptura acelerado

Se sumergen los cilindros en agua a 65°C, pero sin su camisa protectora, y se presurizan a 26 MPa, manteniéndolos así durante 1,000 horas. Luego se presuriza el cilindro a la presión de estallido, la cual debe ser superior al 85% de la presión de estallido mínima requerida.

Prueba del daño a causa del impacto

Esta prueba se lleva a cabo para determinar la resistencia al impacto de los cilindros terminados. Consiste en dejar caer los cilindros vacíos en diferentes posiciones sobre una superficie plana de concreto, pero sin tener sus accesorios conectados. El primero se deja caer desde una altura de 1.8 m (medido desde la superficie hasta el fondo del cilindro) en posición horizontal, el segundo se deja caer en posición vertical desde una altura tal que se asegure una energía de impacto de 488 J y que sea mayor a 1.8 m, y el tercero se deja caer a un ángulo de 45° desde una altura tal que el centro de gravedad del cilindro se ubique a 1.8 m de altura.

Después de los impactos, se someten los cilindros a 1,000 ciclos x N de presurización entre 2 MPa y 26 MPa, donde N es la vida útil de los cilindros en años. Durante ese proceso los cilindros pueden presentar fugas pero no romperse.

Prueba de permeabilidad

Se llena un cilindro con gas natural a la presión de trabajo y se coloca dentro de una cámara que permita medir el flujo de las fugas a temperatura ambiente. El flujo debe ser menor a 25 ml/(hora x capacidad de volumen de agua).

Propiedades de tensión de los plásticos

La camisa de plástico de algunos cilindros es sometida a unas pruebas para estudiar el esfuerzo de fluencia a la tensión y la elongación máxima, a una temperatura de -50°C, de la misma forma en que está estipulado en la norma ISO 3628.

Temperatura de derretimiento de los plásticos

Se somete a prueba una camisa completa según lo estipulado en la norma ISO 306. La temperatura a la que se suaviza debe ser de al menos 90°C y la de derretimiento de 100°C.

Desempeño del dispositivo de liberación de presión

Los dispositivos de liberación de presión se someten a diferentes pruebas para estudiar su desempeño.

1. Uno de ellos se mantiene a una temperatura controlada de al menos 95°C y a una presión de por lo menos 30 MPa durante 24 horas. Al final de la prueba no debe haber ninguna fuga ni ninguna señal de extrusión de ningún metal fundible que se haya utilizado en su diseño.

2. Otro dispositivo es sometido a pruebas de fatiga (sin exceder los 4 ciclos/minuto), de la siguiente manera: se mantiene a 82°C y se somete a 10,000 ciclos de presurización entre 2 MPag y 26 MPag; luego se mantiene a -40°C y se somete a 10,000 ciclos de presurización entre 2 MPag y 20 MPag. Al finalizar el proceso no debe haber ninguna fuga ni ninguna señal de extrusión de ningún metal fundible que se haya utilizado en su diseño.
3. Los elementos de retención de la presión de bronce de los dispositivos de alivio de la presión deben sportar, sin agrietarse a causa de la corrosión, una prueba de resistencia al nitrato mercurioso, como lo estipula la norma ASTM B154. Para eso se sumergen esos componentes durante 30 minutos en una solución acuosa de nitrato mercurioso. Luego se estudia si el elemento presenta fugas utilizando una presión aerostática de 26 MPag durante un minuto. Cualquier fuga que se presente debe ser menor 200 cm³/l.
4. Las partes expuestas hechas de acero inoxidable deben estar hechas de una aleación resistente al agrietamiento producido por cloruros.

Prueba de torque de la válvula de mando

Se fija el cilindro de manera que no pueda rotar y se aplica un torque de 500 Nm a la válvula de mando en la dirección de apriete, luego en la dirección de afloje y nuevamente en la dirección de apriete.

Resistencia ante esfuerzos cortantes de las resinas

Una muestra de la resinas debe ser probada de acuerdo con la norma ASTM D2344. Después de haberla hervido en agua durante 24 horas, el material compuesto debe presentar una resistencia de 13.8 MPa.

Prueba de ciclos de gas natural

Se someten los cilindros a 300 ciclos de presurización con gas natural que consisten en llenar el tanque, luego vaciarlo y ventilarlo, usando una presión de llenado de al menos 2 MPag y procurando que cada ciclo no exceda una hora. Después de los ciclos, se someten los cilindros a una prueba de fugas que deben cumplir con los mismos requerimientos. Al completarse el ciclo del gas natural, se debe seccionar el cilindro y se debe estudiar la interface entre la camisa y la válvula de mando, para verificar que no haya muestras de deterioro como agrietamiento por fatiga o descargas electrostáticas.

Prueba de flexión de la soldadura de los camisas de acero inoxidable

Esta prueba se lleva a cabo en una muestra de la soldadura de la camisa según lo estipulado en la norma EN 13322-2. Durante la prueba la pieza no se debe rajarse cuando se dobla hacia adentro.

Prueba de resistencia al medio ambiente

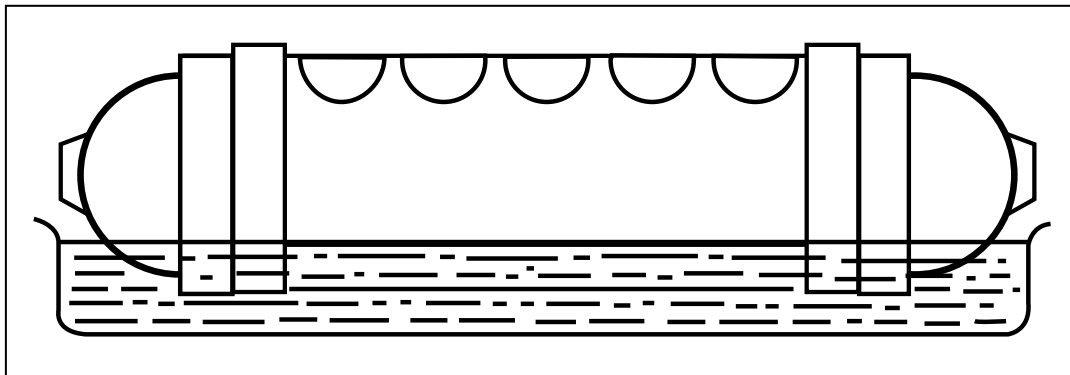
Además de las pruebas anteriores, los cilindros de gas natural deben ser sometidos a una prueba de resistencia al medio ambiente, la cual se enfoca en reproducir las condiciones a las que se someten los cilindros que se colocan debajo de los vehículos a fin de determinar si pueden soportar la corrosión producida por tensión a causa del agrietamiento de la camisa, prueba que también incluye el contacto con diversos fluidos.

Para ello se pre-condicionan los cilindros golpeándolos con un péndulo y con grava para simular condiciones que potencialmente se pueden dar al estar el cilindro colocado en la parte de abajo del vehículo.

Primero se impacta el cilindro en cinco áreas con un solo golpe del péndulo en cada una de ellas y luego se impacta cada una de esas áreas con la grava (ver Ilustración 4-90), áreas que se preparan con el fin de ponerlas en contacto con diversos fluidos.

Al lado opuesto de las cinco áreas de impacto, se realizan tres impactos más con el péndulo y se terminan de acondicionar con los impactos de la grava.

Ilustración 4-90. Pre-condicionamiento de un cilindro para la prueba de resistencia al ambiente



"From regulation No. 110: Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system. II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Una vez pre-condicionado el cilindro, se le somete a la exposición a diversos fluidos. La parte de abajo se debe sumergir hasta cubrir la tercera parte del diámetro del cilindro en una solución que se asemeja a la lluvia ácida y al agua salada del camino, la cual debe estar a una temperatura de 21°C. Durante la inmersión, la parte de arriba del cilindro debe estar expuesta al aire del ambiente.

Por otro lado, cada una de las áreas marcadas en la parte de arriba del cilindro se debe poner en contacto durante 30 minutos con alguno de los siguientes fluidos: ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, metanol/gasolina o nitrato de amonio.

La exposición de los fluidos debe seguir una secuencia específica como se muestra en la siguiente tabla:

Como lo muestra la Tabla 4-49, durante la inmersión los cilindros son sometidos a ciclos de presurización que van desde los 2 MPag hasta los 26 MPag, los cuales se deben completar en al menos 66 segundos y deben incluir un periodo de 60 segundos durante el cual se debe mantener la presión de 26 MPag. De forma contraria, durante la exposición a otros fluidos la presión se mantiene fija en por lo menos 26 MPag durante 30 minutos.

Cabe destacar que en la Tabla 4-49 se indican etapas en las cuales la temperatura es alta o baja. Eso significa que el aire al cual se exponen los cilindros debe estar a 82°C o a -40°C, dependiendo de la etapa del proceso.

Al finalizar la prueba se lleva a cabo un ensayo para determinar la presión de estallido, la cual debe ser de al menos el 85% de la presión de estallido original.

Tabla 4-49. Etapas de la prueba de exposición al ambiente de los cilindros de gas natural comprimido

Etapas	Exposición a ambientes	Número de ciclos de presurización	Temperatura
1	Otros fluidos	–	Ambiente
2	Inmersión	1,875	Ambiente
3	Aire	1,875	Alta
4	Otros fluidos	–	Ambiente
5	Inmersión	1,875	Ambiente
6	Aire	3,750	Baja
7	Otros fluidos	–	Ambiente
8	Inmersión	1,875	Ambiente
9	Aire	1,875	Alta
10	Otros fluidos	–	Ambiente
11	Inmersión	1,875	Ambiente

“From regulation No. 110: Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system. II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

Tanques de gas natural licuado – contenedores aislados al vacío para el almacenamiento de gas natural dentro del vehículo

Los materiales de los tanques de gas natural licuado deben ser sometidos a ciertas pruebas que siguen los procedimientos indicados en la normativa EN, tal y como lo muestra la Tabla 4-50.

Tabla 4-50. Pruebas de los materiales de los tanques de gas natural licuado

Pruebas de materiales	Norma
Propiedades baja tensión	EN 895-1995
	EN 6892-1:2009
Resistencia de impacto	EN 1251-2:2000
	EN 10045-1:1990
Resistencia a la reflexión	EN 910:1996
Revisión de la soldadura	EN 1251-2:2000
	EN 1435:1997

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°110 de la ECE.

Además, estos tanques deben ser sometidos a la prueba de la fogata, a la prueba de la caída, a una prueba de mantenimiento de la presión y a una prueba de presión.

Prueba de la fogata

Esta se hace para determinar que los tanques no van a estallar durante un incendio. Para ello se les somete a fuego procurando mantener una temperatura de 590°C y el tiempo de prueba comienza a medirse desde que la temperatura promedio alcanza los 590°C hasta que se abre la válvula de alivio y se continúa la prueba hasta que esa válvula se cierre a causa de la caída de presión.

Prueba de la caída

En esta prueba se deja caer el tanque sobre su área más crítica (sin tomar en cuenta los bordes con tuberías) desde una altura de 9 m sobre una superficie dura y plana. Luego se le deja caer desde una altura de 3 m sobre uno de los bordes con tuberías. Una hora después de las caídas no debe haber pérdida del producto. Para ello el tanque debe contener nitrógeno líquido saturado cuyo peso equivalga al peso cuando está lleno y a la mitad de la presión de trabajo.

Prueba de mantenimiento de la presión

Se llena el tanque a alrededor del 10% de la capacidad máxima neta permitida con gas natural licuado, a una temperatura de 20°C. Luego se monitorea la presión hidrostática cada minuto durante 120 horas. Esa presión debe mantenerse estable (en un rango de 10 kPa) o aumentar. También se monitorea el peso para verificar que el contenido se retiene de forma estable.

Prueba de la presión

Se llena el tanque a una presión $P = 1.3 (WP + 0.1)$, donde WP es la presión de trabajo en MPa. El tanque debe ser capaz de contener el fluido por lo menos durante 30 segundos sin que se muestre evidencia de goteo, distorsiones visibles u otros defectos.

Dispositivos de regulación de presión de los tanques de gas natural comprimido

Las válvulas automáticas, las válvulas de no-retorno, la válvula de alivio, el dispositivo de alivio de presión y la válvula de exceso de flujo de los tanques de gas comprimido también son sometidos a pruebas para determinar si funcionan adecuadamente.

Válvulas manuales

Esas válvulas son sometidas a una prueba de fatiga que consiste en someterlas a 2,000 ciclos de presurización entre 2 MPa y 26 MPa, a 4 ciclos/minuto, manteniéndolas a 20°C.

Dispositivos de alivio de la presión

Estos dispositivos son sometidos a ciclos de presurización hidrostática, haciendo variar la presión entre el 10% y el 100% de la presión de trabajo, a una tasa de 10 ciclos/minuto y a temperaturas de 82° o 57°, como lo indica la Tabla 4-51.

Tabla 4-51. Ciclos de presurización de los dispositivos de alivio de la presión

Temperatura (°C)	Ciclos
82	2,000
57	18,000

"From regulation No. 110: Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system. II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Esos componentes también son sometidos a una prueba de resistencia a la corrosión de acuerdo con la norma ISO 15500-2, para lo cual son rociados con una solución salina durante 144 horas.

Al finalizar cada una de las pruebas los componentes no deben presentar fugas de gas a una razón mayor que 15 cm³/h, cuando son sometidos a una presión del 100% de la presión de trabajo. Además, la presión de estallido debe ser de 34 MPag ± 10%, tanto a temperatura ambiente como a la temperatura máxima de operación.

Mangueras flexibles para las líneas de gas natural comprimido y gas natural licuado

Existen cuatro tipos de mangueras y los requerimientos y pruebas de cada una de ellas pueden variar de acuerdo con la aplicación para la cual se utilizan. Hay mangueras de alta presión (clase 0), de mediana presión (clase 1), de baja presión (clase 2) y de gas natural licuado (clase 5). No se va a entrar en detalle sobre los requerimientos de cada una de las mangueras, sino que se indicarán ejemplos para algunas de ellas con el fin de aclarar el motivo para realizar las pruebas.

Tabla 4-52. Pruebas de las mangueras de los tanques de gas natural comprimido y gas natural licuado

Tipo de prueba	Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 5
Esfuerzo de tensión y elongación	X	X	X	X
Resistencia al n-pentano o al n-hexano	X	X	X	X
Resistencia al envejecimiento	X	X	X	X
Resistencia al envejecimiento de los materiales termoplásticos propiamente	X	X	X	X
Resistencia al ozono	X	X	X	X
Permeabilidad	X	X	X	X
Resistencia temperaturas bajas	X	X	X	X
Resistencia a la flexión	X	X	X	X
Prueba de impulso	X	—	—	X
Prueba de presión hidráulica	X	X	—	X
Prueba de presión de estallido	X	—	—	X
Resistencia temperaturas altas	—	—	X	—
Prueba de empuje	—	—	—	X
Conductividad eléctrica	—	—	—	X
Prueba de vibración	—	—	—	X

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°110 de la ECE.

Un aspecto importante es que algunas mangueras están hechas con un tubo forrado con algún material, por lo que tanto el tubo como el forro en ocasiones son sometidos a pruebas similares, por lo que tampoco se va a entrar en detalle sobre los requerimientos de cada uno de esos componentes. En la Tabla 4-52 se muestran las pruebas que se deben realizar para cada manguera.

Primero se lleva a cabo una prueba para determinar la resistencia a la tensión y la elongación para el hule y los materiales termoplásticos, de acuerdo con el ensayo especificado en la norma ISO 37 o ISO 527-2 (según sea el caso).

La prueba de resistencia al n-pentano o n-hexano (según sea el caso) se realiza de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma ISO 1817. En esa prueba se sumerge el material en n-pentano durante 72 horas a 23°C, con el fin de determinar el cambio máximo del volumen, de la resistencia a la tensión y de la elongación en el punto de ruptura. Luego se almacena la muestra a 40°C durante 48 horas para estudiar la reducción de la masa.

La prueba de envejecimiento se realiza bajo el procedimiento indicado en la norma ISO 188. En ella se deja envejecer el espécimen por unos periodos de 24 h y 336 h. Luego se le acondiciona por 21 días y se procede a realizar las pruebas para estudiar los cambios en la resistencia a la tensión y la elongación máxima de ruptura.

Prueba de resistencia al ozono: esa prueba se realiza según la norma ISO 1431/1 y consiste en estirar la muestra en un 20%, en una atmósfera de aire a 40°C y con una concentración de ozono de 50 partes/millón durante 120 horas. Al finalizar la prueba no debe haber agrietamiento.

Las mangueras sin acople deben ser sometidas a una prueba de permeabilidad, de resistencia a la baja temperatura y de resistencia a la flexión.

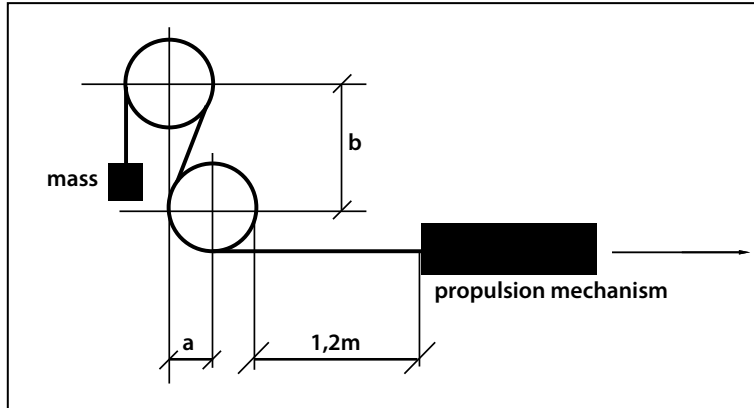
La prueba de permeabilidad se realiza según la norma ISO 4080, con el fin de determinar el flujo de gas que se filtra a través de las paredes de la manguera. Para ello se conecta la manguera a un tanque de propano líquido. La filtración máxima no debe superar los 95 cm³/ (metro de manguera x 24 h). En el caso de las mangueras de la clase 5, la prueba consiste en que la manguera logre mantener durante 5 minutos una presión 1.5 veces mayor a la presión de trabajo sin presentar fugas, pero a una temperatura de -163°C.

En la prueba de resistencia a temperaturas bajas se enfría el espécimen a -40°C, -20°C o -163°C (según sea el caso). Esta prueba se lleva a cabo de acuerdo con lo estipulado en el método B de la norma ISO 4672-1978. El espécimen no debe mostrar agrietamiento al finalizar el proceso.

La prueba de resistencia a temperaturas altas consiste en aplicar una presión de 450 KPa a la manguera mientras se le mantiene a 120°C durante 24 horas. Esta prueba se lleva a cabo tanto en una manguera nueva como con una manguera envejecida, de acuerdo con la norma ISO 188. Luego se le somete a una prueba de resistencia al n-hexano (norma ISO 1817). Además, las filtraciones a través de las paredes de la manguera no deben superar los 95 cm³/ (metro de manguera x 24 h). Posteriormente, se aplica una presión de 50 kPa durante 10 minutos y nuevamente las filtraciones a través de las paredes no deben sobrepasar el valor antes mencionado.

La prueba de flexión consiste en doblar la manguera alrededor de unos cilindros que rotan libremente y halarla para que se mueva a través de ellos, procurando darle a la manguera una forma de S (ver Ilustración 4-91). En el extremo libre de la manguera se conecta una masa lo suficientemente pesada como para mantenerla siempre en contacto con los rodillos. La idea es hacer que la manguera recorra una distancia de 1.2 m en 3,000 ocasiones, a una velocidad de 4 movimientos completos/minuto. La manguera debe resistir la prueba sin romperse. Además, se lleva a cabo en una manguera nueva y en una manguera envejecida y también deben ser capaces de soportar una prueba de presión hidráulica.

Ilustración 4-91. Prueba de flexión de las mangueras de los tanques de gas natural comprimida y de gas natural licuado



"From regulation No. 110: Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system. II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La prueba de presión hidráulica es complementaria a la prueba de resistencia a la flexión. En esta prueba durante 10 minutos se aplica una presión 1.5 veces mayor que la presión de trabajo, o una presión de 3 MPa, según sea el caso. Durante ese lapso no deben presentarse fugas.

La prueba de estallido también es complementaria a la prueba de flexión. Ésta consiste en elevar la presión hidráulica hasta reventar la manguera, para determinar que la presión de estallido sea mayor a 45 MPa.

El ensayo de flexión de las mangueras de la clase 5 se debe realizar siguiendo el procedimiento de la norma ISO 1402, a una temperatura de -163°C . Al finalizar el ensayo también se lleva a cabo una prueba de presión hidráulica y una prueba de la presión de estallido.

Los acoples de las mangueras se someten a una prueba de impulso como lo indica la norma ISO 1436. En ella se somete la manguera a 150,000 impulsos, haciendo circular aceite a 93°C y a una presión mínima de 96 MPa. Después de someter la manguera a todos esos impulsos, esta debe ser capaz de cumplir con los requerimientos de la prueba de presión hidrostática. En el caso de las mangueras de la clase 5, se utiliza un fluido criogénico a -163°C y se aplican 7,000 impulsos.

Las pruebas de empuje y de conductividad eléctrica se realizan según la norma ISO 15500-17:2012.

En la prueba de vibración se mantiene fijo un extremo de la manguera mientras que se conecta el otro a una máquina de vibraciones que permita doblarla en un radio de curvatura de 180° , mientras se presuriza la manguera a la presión de trabajo a -163°C . Se pone a vibrar la manguera durante 30 minutos a la frecuencia de resonancia o a una frecuencia de 500 Hz. Al finalizar la prueba la manguera no debe mostrar fatiga, agrietamientos ni otro tipo de daños. Luego se aplica una presión 1.5 veces mayor a la presión de trabajo y se mantiene así durante 10 minutos, para corroborar que no se presenten fugas.

Regulador de presión de los tanques de gas natural comprimido

Los reguladores de presión deben ser capaces de soportar, sin presentar ningún tipo de falla, una prueba de durabilidad en la que se aplican 50,000 ciclos de presurización a la presión de trabajo, pero con variaciones de temperatura, como se muestra a continuación:

1. El 95% de los ciclos consisten en aplicar la presión de trabajo a temperatura ambiente hasta que se estabilice la presión a la salida del regulador. Luego se corta el flujo y se mantiene así hasta que se vuelve a estabilizar la presión de salida.
2. Un 1% de los ciclos consiste en reducir la presión desde el 100% de la presión de trabajo al 50% de la misma, pero a temperatura ambiente. Cada ciclo debe durar más de 10 segundos.
3. Un 1% de los ciclos consiste en repetir el paso 1, pero a una temperatura de 120°C.
4. Un 1% de los ciclos consiste en repetir el paso 2, pero a una temperatura de 120°C.
5. Un 1% de los ciclos consiste en repetir el paso 1, pero a una temperatura de -40°C o -20°C según sea el caso, pero al 50% de la presión de trabajo.
6. El otro 1% de los ciclos consiste en repetir el paso 2, pero a una temperatura de -40°C o -20°C según sea el caso, pero al 50% de la presión de trabajo.
7. Al finalizar esos ciclos, se lleva a cabo una prueba de fugas a -40°C o -20°C, a temperatura ambiente y a 120°C.

Sensores de presión y de temperatura, detectores de gas y válvulas automáticas

Estos dispositivos son sometidos a pruebas para determinar la resistencia del aislamiento eléctrico, con la idea de evaluar un fallo potencial en los conectores de los sensores y la carcasa del cilindro.

La prueba consiste en aplicar 1,000 V con corriente directa, entre un pin conector y la carcasa durante 2 segundos. La medición de la resistencia eléctrica debe ser mayor que 10 MΩ.

Válvulas de los tanques de gas natural licuado

Válvula de exceso de flujo de los tanques de gas natural licuado

A estas válvulas se les realiza una prueba para determinar si operan a no más del 10% por encima del flujo y no menos del 20% por debajo del flujo nominal.

Válvula manual

Esas válvulas deben ser sometidas a una prueba de fatiga a una tasa no mayor a 4 ciclos por minuto. Para ello se mantiene la temperatura en -162°C , haciendo 100 ciclos de cambios de presión que van desde 0 MPa hasta la presión de trabajo, aplicando para ello un torque que sea dos veces mayor al torque indicado en la Tabla 4-53. Al finalizar la prueba, las válvulas deben cumplir con los requerimientos de la prueba de fugas externas.

Dispositivos de regulación de presión

Además de las pruebas descritas anteriormente, los componentes de los cilindros de gas natural comprimido y gas natural licuado deben someterse a algunas otras pruebas tales como: sobre-presurización, fugas externas, fugas internas, durabilidad, compatibilidad GNC/GNL, resistencia a la corrosión, resistencia a calor seco, presión de estallido, envejecimiento causado por el ozono, ciclos de temperatura, ciclos de presurización, resistencia a las vibraciones, temperaturas de operación y temperaturas bajas del gas natural licuado.

Prueba de sobre-presurización:

Los componentes deben ser capaces de soportar sin romperse o deformarse cuando son sometidos a una presión hidrostática 1.5 o 2 veces mayor a la máxima presión de trabajo durante 3 minutos.

Prueba de fugas externas:

Estas pruebas se realizan de formas diferentes según el tipo de tanque para el que se dispone el componente, o sea, según si el tanque es de gas natural comprimido o de gas natural licuado, como se indica a continuación:

- Los componentes del gas natural comprimido son sometidos a una prueba de fugas que consiste en sumergirlos en agua y aplicarles una presión aerostática 1.5 o 2 veces mayor a la presión de trabajo, con el fin de determinar si se producen fugas a través de su cuerpo, ya que en caso de fugas el agua permite detectarlas fácilmente.
- También se prueban a la máxima temperatura de operación y a la mínima temperatura de operación. Para ello se usa la máxima presión de trabajo y se mantienen a la temperatura correspondiente durante 8 horas. Bajo tales condiciones, la fuga no debe ser mayor a $15 \text{ cm}^3/\text{h}$.
- Las pruebas de los componentes de gas natural licuado son muy similares, salvo que se utiliza un fluido criogénico para elevar la presión, en vez de usar una presión aerostática.

Prueba de fugas internas:

Estas pruebas se llevan a cabo para determinar si ocurren fugas a través de la salida de las válvulas, a pesar de que estas se mantengan cerradas. Para ello se cierran las válvulas y se conecta la entrada de la válvula a una fuente de presión aerostática, a 1.5 veces la presión de trabajo durante 2 minutos. La salida se conecta a un tubo que dirige el flujo de aire a un cilindro graduado e invertido que contiene agua. Al finalizar se utiliza el cambio de volumen en el cilindro para calcular el flujo de fuga, cuyo valor máximo permitido varía según la válvula a ser probada.

Prueba de compatibilidad de las válvulas:

Para estudiar la compatibilidad de las válvulas, se les somete a prueba según la norma ISO 1817. El volumen máximo permitido es de 20%. Además, después de almacenarlas a 40°C durante 48 horas, la masa no puede disminuirse en más de un 5%.

Prueba de resistencia a la corrosión:

Se rocían los componentes durante 144 horas con una solución salina, o en el caso de los componentes de cobre, se sumergen en una inmersión de amoníaco durante 24 horas, de acuerdo con las especificaciones de la norma ISO 15500-2. Al finalizar las pruebas los componentes deben ser capaces de cumplir satisfactoriamente las pruebas de fugas internas y externas indicadas previamente.

Resistencia al calor seco:

Se exponen los componentes a aire a una temperatura igual a la temperatura máxima de operación durante 168 horas, de acuerdo con el procedimiento estipulado en la norma ISO 188. Al final, el esfuerzo de tensión no debe ser mayor a un 25% y la elongación máxima no debe crecer en más de un 10% o reducirse en más de un 30%.

Envejecimiento por ozono:

Se somete el espécimen a una tensión del 20% de la elongación máxima, mientras se le expone a aire a 40°C con una concentración de ozono de 50 partes por cien millones, durante 72 horas. Al final no debe haber muestras de agrietamiento.

Prueba de ciclos de temperatura:

Los componentes que poseen partes no metálicas son sometidos durante 96 horas a ciclos de cambios de temperatura entre la temperatura máxima y la temperatura mínima de operación, bajo la máxima presión de operación, en ciclos que duran 120 minutos cada uno. Al final las válvulas deben satisfacer las pruebas de las fugas internas y externas.

Prueba de durabilidad de los componentes para cilindros de gas natural comprimido:

Se conecta el componente a una fuente de presurización con aire seco, líquido criogénico u otro fluido y se le somete a varios ciclos de apertura y cierre con una duración de no menos de 10 segundos en cada periodo, manteniendo la presión de trabajo, pero esos ciclos se llevan a cabo a temperatura ambiente, a alta temperatura y a baja temperatura.

La cantidad de ciclos depende del componente, pero el 96% de ellos se llevan a cabo a temperatura ambiente, 2% en caliente y el resto en frío. Al final de cada una de esas pruebas se procede a realizar un ensayo para determinar si el componente presenta fugas externas.

Luego, se verifica que el componente se pueda abrir y cerrar completamente al aplicar el torque especificado en la Tabla 4-53, prueba que también se debe realizar a -40°C y a la máxima temperatura de operación.

Tabla 4-53. Torque de prueba de los componentes de los tanques de gas natural comprimido

Diámetro de entrada del componente (mm)	Torque máximo (Nm)
6	1.7
8 o 10	2.3
12	2.8

"From regulation No. 110: Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system. II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Prueba de resistencia a las vibraciones:

Se someten los componentes que tienen partes móviles a 6 horas de vibraciones a 17 Hz con una amplitud de 1.5 mm, 2 horas en cada eje coordinado. Al final ellos deben permanecer sin daños, funcionar completamente y cumplir con la prueba de fugas internas.

Pruebas de las bajas temperaturas de los cilindros de GNL

En esta prueba se someten los dispositivos de regulación de la presión a ciclos a la presión de trabajo a temperaturas bajas. El 96% de los ciclos debe hacerse a menos de -162°C y el 4% de los ciclos debe hacerse a la máxima temperatura de operación. Al final los dispositivos deben ser capaces de cumplir con los requerimientos de la prueba de fugas externas e internas.

ECE 111 (Estabilidad de los cisternas)

El objetivo de esta regulación es establecer los requerimientos de estabilidad de los camiones cisterna de las categorías N₂, N₃, O₃ y O₄ diseñados para el trasiego de sustancias peligrosas.

Los camiones cisterna deben ser sometidos a una prueba de estabilidad en una plataforma basculable. Esa prueba consiste en colocar los vehículos cargados a su máxima capacidad de carga autorizada en una plataforma basculable para poder determinar el ángulo a partir del cual los vehículos están a punto de volcarse. En el caso de los vehículos que no cuentan con un sistema de propulsión propia como los remolques y semirremolques, los vehículos se pueden o deben acoplar (según sea el caso) a un vehículo impulsor (ver Ilustración 4-92).

Al subir el vehículo a la plataforma se debe asegurar que quede paralelo al eje de rotación de la plataforma y que esté por lo menos a una distancia de 25 mm con respecto al eje, y se le debe inclinar tanto hacia la derecha como a la izquierda.

El vehículo cumplirá con lo requerido si la plataforma se logra inclinar a un ángulo de 23° sin que se comience a volcar, en ambas direcciones.

Cabe destacar que la norma permite que como método alternativo se realice una simulación de la estabilidad del vehículo.

Ilustración 4-92. Prueba de estabilidad de los camiones cisterna



Obtenida de An assessment of tank truck roll stability, por Billing, y Patten, 2005. Reproducida con permiso.

ECE 114 (Módulo de reemplazo de las bolsas de aire)

Esta regulación se aplica a los módulos de reemplazo de los sistemas de bolsas de aire de los vehículos. En ella se estipula que estos módulos de reemplazo deben ser sometidos a las pruebas especificadas en la norma ISO 12097-2.

De acuerdo con la norma ISO 12097-2, los módulos de reemplazo de las bolsas de aire deben ser sometidos a las siguientes pruebas ambientales: caída, impacto mecánico, polvo, vibraciones simultáneas y temperaturas, resistencia a la corrosión, ciclos de humedad térmica, radiación solar y choque térmico. Al finalizar cada una de esas pruebas los módulos deben permanecer intactos.

También se les somete a unas pruebas de desempeño en las que se evalúa el despliegue estático, la bolsa y el tanque.

Pruebas ambientales

Prueba de la caída

Esta prueba se realiza para determinar si el módulo sufre algún daño cuando se le deja caer desde cierta altura. Para ello se deja caer el módulo libremente desde una altura de 1 m.

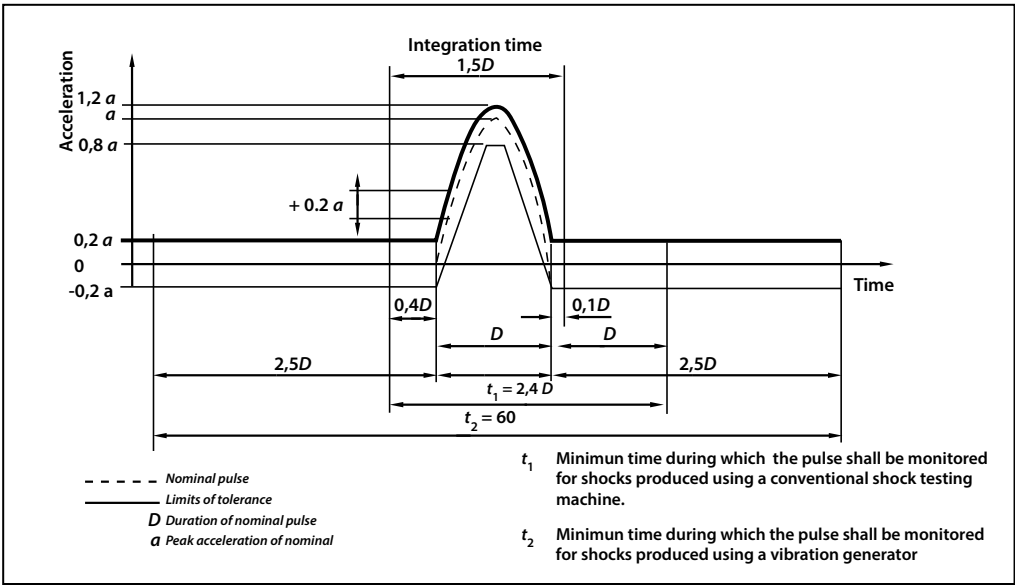
Prueba de impacto mecánico

El objetivo de este ensayo es determinar si el módulo sufre algún daño cuando se le somete a impactos mecánicos a temperaturas normales y extremas.

Para ello se colocan los módulos en una cámara en donde se les puede aclimatar a -35°C, 23°C y 85°C, por lo menos durante 4 horas.

Para crear el impacto mecánico se monta el módulo en una máquina que puede generar un impluso semi-sinusoidal (ver Ilustración 4-93) y la severidad del impacto depende del tipo de módulo de bolsa de aire que se va a someter a prueba, como lo indica la Tabla 4-54.

Ilustración 4-93. Impulso semi-sinusoidal



Esta figura se obtuvo de la norma ISO 12097-2:1996 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Tabla 4-54. Severidad de las pruebas de impacto mecánico de los módulos de reemplazo de las bolsas de aire.

Parámetro	Módulo de la bolsa de aire del conductor	Módulo de la bolsa de aire del frente	Otros tipos de módulos de bolsas de aire
Aceleración pico del pulso nominal, a	100 G*	40 G	Los valores específicos deben ser determinados
Duración del pulso nominal, D	6 ms	6 ms	

* Niveles de aceleración G (mínimo 40 G) bajos pueden ser apropiados para ciertos tipos de sistemas de dirección. La tabla fue tomada de la norma ISO 12097-2:1996 (Road vehicles - airbag components - Part 2: testing of airbag modules) y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Esta norma se puede obtener a través de cualquier miembro de la ISO y desde el sitio web de la Secretaría Central de la ISO a través del siguiente enlace: www.iso.org. Los derechos de autor le siguen perteneciendo a ISO.

Prueba de polvo

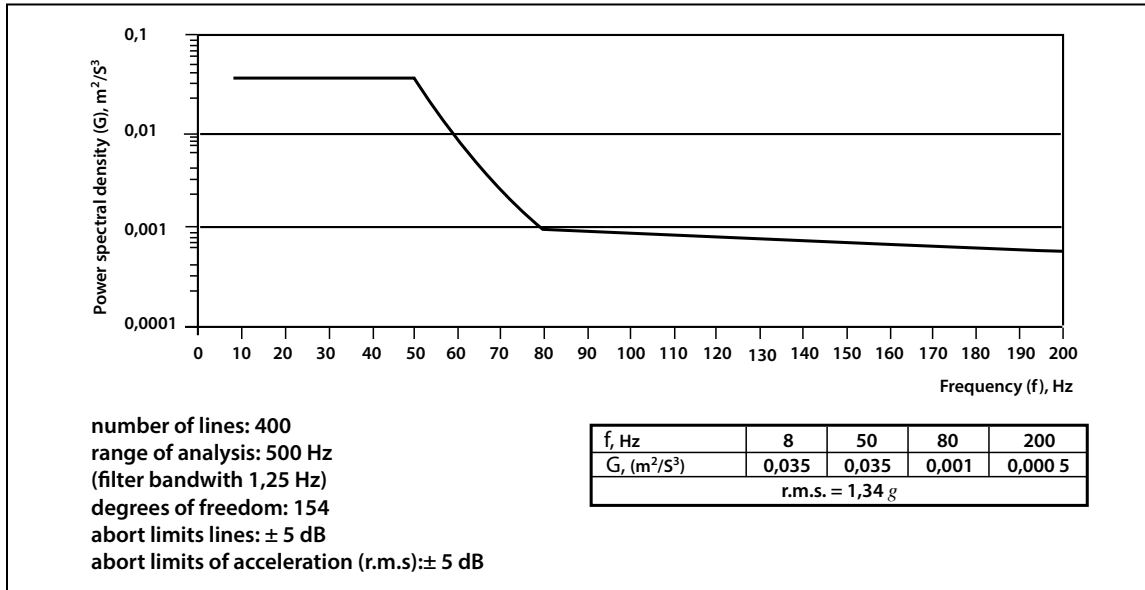
Esta prueba se lleva a cabo para determinar si los módulos de reemplazo de las bolsas de aire sufren algún daño a causa del polvo. Para ello se coloca el módulo en una cámara en la que se pueden aplicar ráfagas de viento cargadas con polvo (ver Ilustración 4-43), durante 5 horas, agitando el polvo durante 5 segundos cada 20 minutos.

Vibraciones simultáneas y temperaturas

Este ensayo se realiza para determinar si las bolsas de aire son capaces de soportar vibraciones en diversas condiciones de temperatura, para lo cual se coloca el módulo en una plataforma de vibraciones dentro de una cámara donde se pueden reproducir diversas variaciones climáticas.

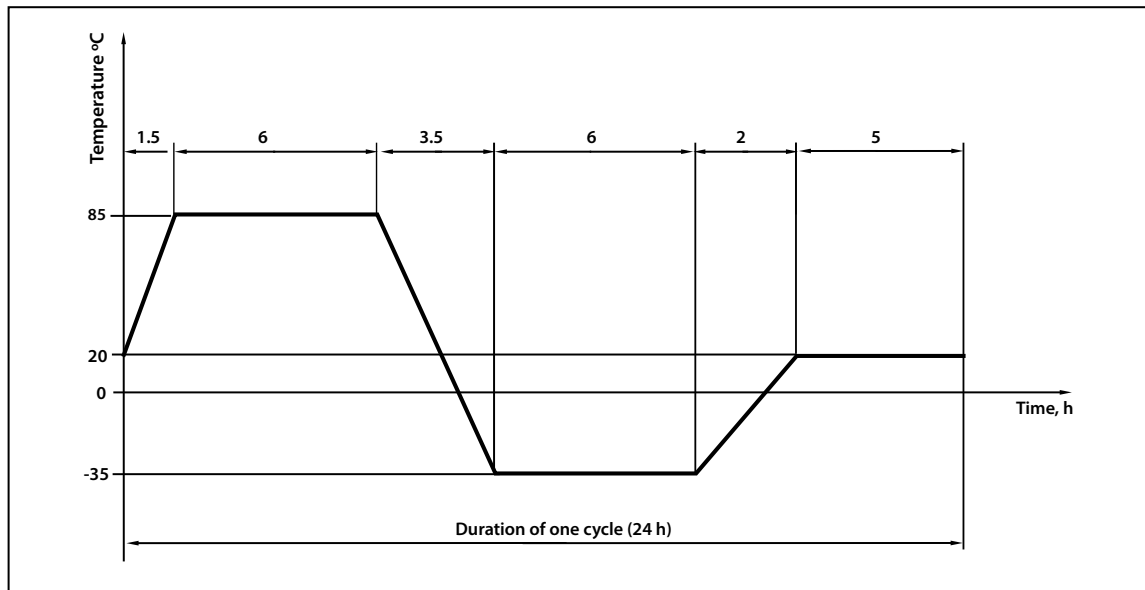
El tipo de vibraciones se aplica de manera aleatoria, pero deben basarse en la Ilustración 4-94. Además, los ciclos de temperatura deben seguir el patrón mostrado en la Ilustración 4-95.

Ilustración 4-94. Características de las vibraciones para probar los módulos de reemplazo de las bolsas de aire



Esta figura se obtuvo de la norma ISO 12097-1:1996 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Ilustración 4-95. Ciclos de temperatura para las pruebas de los módulos de reemplazo de las bolsas de aire



Esta figura se obtuvo de la norma ISO 12097-1:1996 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Resistencia a la corrosión

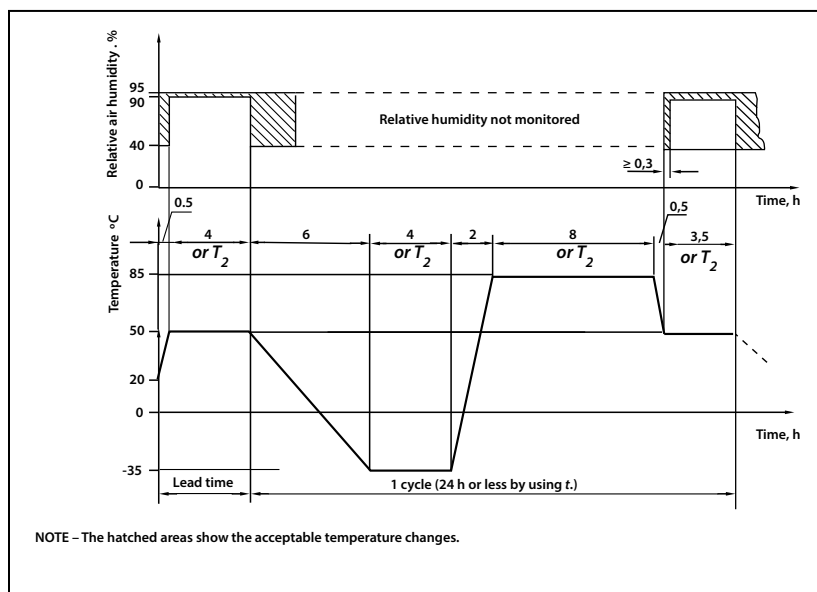
Esta prueba se realiza para determinar si los módulos de reemplazo de las bolsas de aire son resistentes a la corrosión. Para ello se rocían los módulos con una solución salina en tres ciclos

de rocío. Cada ciclo de rocío consiste en rociar la solución salina durante 2 horas y almacenar el módulo durante 20 horas, lo cual se debe realizar a temperaturas de entre 30 °C y 35 °C.

Ciclos de humedad térmica

El objetivo de esta prueba es determinar si los módulos de los airbags son capaces de soportar variaciones de humedad y temperatura, para lo cual se colocan los módulos de reemplazo de las bolsas de aire en una cámara de climatización y se les somete a 30 ciclos de variaciones de humedad y temperatura, como lo muestra la Ilustración 4-96.

Ilustración 4-96. Ciclos de temperatura y humedad para evaluar los módulos de reemplazo de las bolsas de aire.

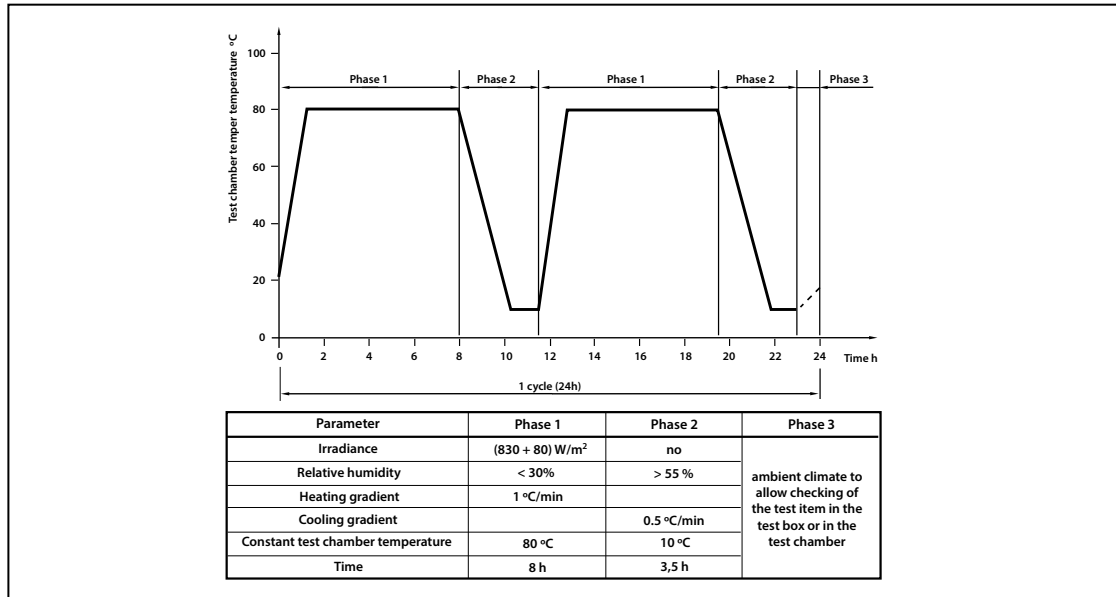


Esta figura se obtuvo de la norma ISO 12097-2:1996 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Radiación solar

El objetivo de este ensayo es determinar si los módulos de reemplazo de las bolsas de aire son capaces de soportar la radiación solar que podrían recibir estando dentro del vehículo, pero solo se realiza en aquellos módulos cuya cubierta queda sometida a la radiación solar.

La prueba consiste en colocar los módulos en la misma posición en la que irían colocados dentro del vehículo, en una cámara de pruebas en la que se puede proveer una irradiancia de 830 W/m², siguiendo los ciclos mostrados en la Ilustración 4-97.

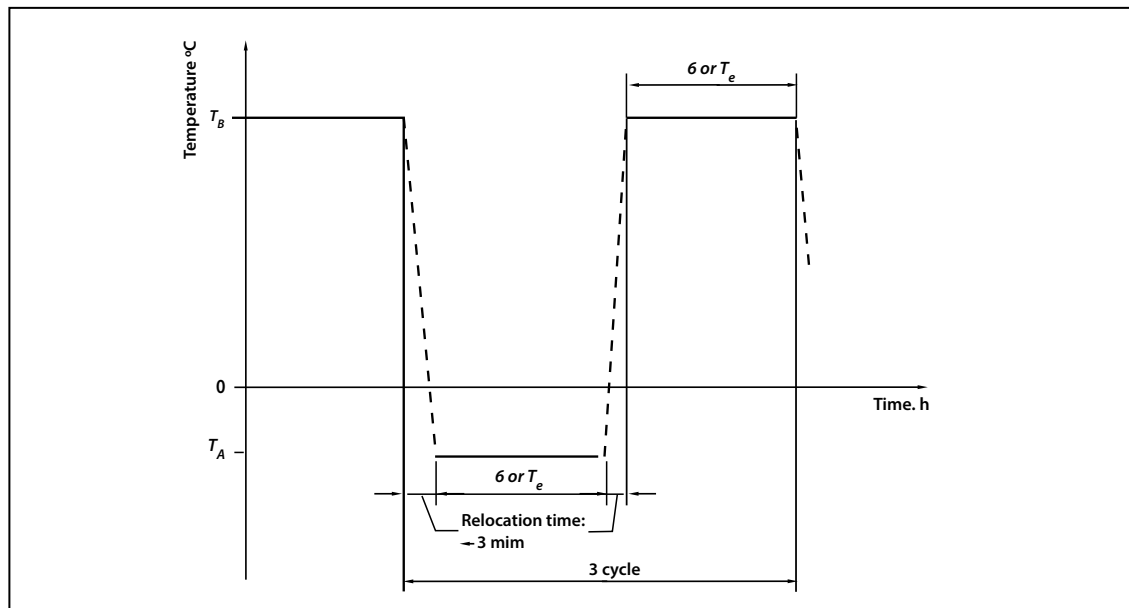
Ilustración 4-97. Ciclos de la prueba de radiación sola de los módulos de reemplazo de las bolsas de aire

Esta figura se obtuvo de la norma ISO 12097-2:1996 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Choque térmico

El objetivo de esta prueba es determinar si los módulos de reemplazo de las bolsas de aire pueden soportar grandes cambios de temperatura, especialmente determinar si no se produce el desgarre de las costuras de la bolsa de aire.

Para ello se colocan los módulos en una cámara de climatización y se hace variar la temperatura entre -35 °C hasta 85 °C, siguiendo los ciclos indicados en la Ilustración 4-98.

Ilustración 4-98. Ciclos de la prueba de choque térmico de los módulos de reemplazo de las bolsas de aire

Esta figura se obtuvo de la norma ISO 12097-2:1996 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Pruebas de desempeño

Prueba de despliegue estático

Esta prueba se realiza para evaluar el proceso de despliegue de la bolsa de aire, utilizando para ello cámaras de video de alta velocidad. El despliegue de las bolsas de aire se evalúa a temperaturas de -35 °C, 23 °C y 85 °C.

Durante el despliegue de las bolsas no deben desprenderse fragmentos del módulo que puedan golpear a los pasajeros. Además, la superficie de la bolsa que entraría en contacto con los pasajeros no debe quemarse ni desgarrarse y las costuras de la bolsa deben permanecer intactas.

Prueba del tanque

El objetivo de esta prueba es comparar el funcionamiento de los infladores utilizados en las pruebas ambientales con módulos que fueron sometidos a tales ensayos, para lo cual se lleva a cabo la ignición dentro de un tanque cerrado, de manera que se puedan capturar dentro de él los gases y las partículas sólidas que se expelan.

Los ensayos se realizan a -35 °C y a 85 °C. Al finalizar los ensayos, las curvas de presión vs tiempo deben cumplir con las especificaciones dadas por el fabricante.

Prueba de la bolsa

De forma se realizan pruebas para comparar el funcionamiento de las bolsas de los módulos sometidos a las pruebas ambientales con los módulos sometidos a las pruebas de desempeño, para determinar si ciertas características se mantienen dentro de las tolerancias definidas. Las características que se evalúan son: volumen de la bolsa, permeabilidad de la tela, resistencia de la costura, resistencia de la tela y resistencia al desgarro de las telas.

Además de las pruebas de la norma ISO 12097-2, la norma ECE 114 estipula otras pruebas, para evaluar los componentes que se reemplazan en los vehículos que contienen módulos de reemplazo de las bolsas de aire, tales como el sistema de la manivela (manivela junto con sus elementos de sujeción, entre otros componentes) y otros equipos.

Los sistemas de las manivelas que poseen módulos de reemplazo de las bolsas de aire son sometidos a pruebas de calor, flexión, torque y fatiga. Además se hacen unas pruebas para evaluar su instalación en los vehículos y los adaptadores.

Prueba de calor

En esta prueba se somete el sistema de dirección a las siguientes condiciones:

1. 16 horas a -15 °C.
2. 30 minutos a 22 °C.

3. 3 horas a 80 °C.

4. 30 minutos a -22 °C.

Al finalizar la prueba no debe haber deformaciones permanentes más allá de las tolerancias de diseño, ni grietas o fracturas.

Prueba de flexión

Primero se somete el sistema de la manivela a una temperatura de -15°C durante 16 horas. Luego se monta el sistema de la manivela en un eje rígido y se aplica una carga estática de 700 N de manera perpendicular al aro de la manivela.

Al finalizar el ensayo las deformaciones permanentes que se produzcan no deben ser mayores al 8% del diámetro de la manivela. Además, no deben quedar grietas ni fracturas que puedan afectar la seguridad ofrecida por el sistema de la manivela.

Prueba del torque

Se aplica una fuerza de 700 N de manera tangencial al aro de la manivela (tratando de hacerla girar), cuando esta está montada en un eje rígido.

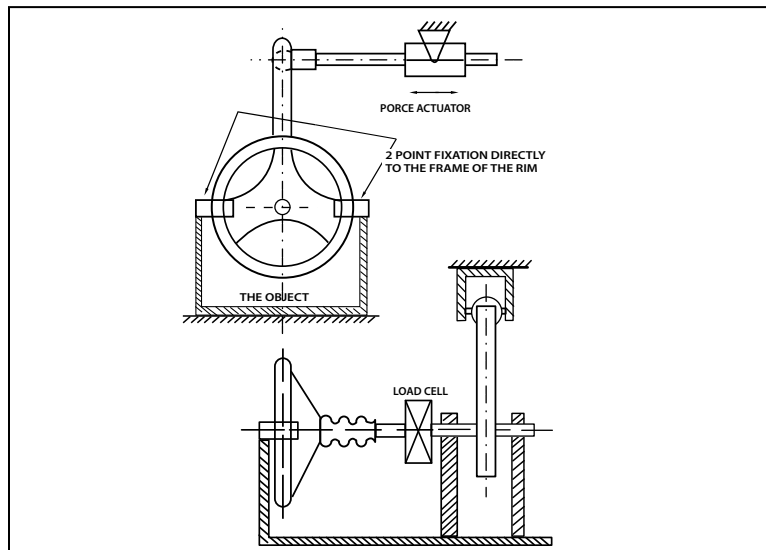
La deformación permanente que se produzca no debe exceder un 1% en la dirección de la rotación. Además, no deben producirse grietas ni fracturas que puedan reducir la seguridad ofrecida por el sistema de la manivela.

Luego se somete el aro a una fuerza tangencial de 220 N, lo cual no debe reducir la seguridad ofrecida a pesar de que la deformación exceda el 1%.

Prueba de fatiga

Se monta el sistema de la manivela en una máquina que produce un movimiento sinusoidal (ver Ilustración 4-99), aplicando un torque de 140 Nm a una frecuencia de 1.5 Hz.

El sistema de la manivela debe soportar 1×10^5 ciclos sin que se produzcan grietas o fracturas que puedan afectar la seguridad ofrecida.

Ilustración 4-99. Prueba de fatiga de los sistemas de las manivelas

"From regulation No. 114: Uniform provisions concerning the approval of: I. An airbag module for a replacement airbag system; II. A replacement steering wheel equipped with an airbag module of an approved type; III. A replacement airbag system other than that installed in a steering wheel, © 2003, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Otros aspectos que son sometidos a prueba son la visibilidad de los instrumentos en el panel y la utilización de los controles. Cuando se instala un sistema de manivelas que poseen un módulo de reemplazo de las bolsas de aire se lleva a cabo una prueba comparativa, por medio de fotografías, para determinar que no se afecte negativamente la visibilidad de los instrumentos como el velocímetro, las señales indicadoras (como las del uso del cinturón de seguridad, estado del freno de mano, etc). Además se evalúa que los controles de las luces direccionales, los limpiaparabrisas, entre otros, se puedan utilizar correctamente.

Los adaptadores son sometidos a prueba para determinar si tienen suficiente resistencia, para lo cual se montan en el vehículo y se apretan sus tuercas aplicando un torque dos veces mayor al especificado por el fabricante, pero sin exceder los 85 Nm. Así mismo, en la evaluación de los adaptadores se verifica que los sistemas antirrobo que actúan sobre la manivela cumplan con las especificaciones de la norma ECE 18.

También se realizan las pruebas de impacto de los vehículos equipados con módulos de reemplazo de las bolsas de aire, para verificar que cumplan con los requerimientos de la norma ECE 94.

De forma similar, los vehículos equipados con módulos de reemplazo de las bolsas de aire en otras partes, distintas al sistema de la manivela, deben ser sometidos a pruebas de impacto para verificar si cumplen con los requerimientos de las normas ECE 94 y ECE 95.

ECE 116 (Sistemas antirrobo)

En esta regulación se especifican los requerimientos de los sistemas antirrobo de diversos tipos de vehículos. Entre los sistemas que se contemplan se encuentran los sistemas que bloquean la dirección del vehículo, los sistemas de alarma y de los inmovilizadores.

Los dispositivos que bloquean la dirección son sometidos a una prueba de funcionamiento bajo desgaste, para lo cual se aplican 2,500 ciclos de bloqueo en cada dirección. Esa prueba consta de las siguientes etapas:

Posición de inicio:

Se desactiva el dispositivo antirrobo y se rota el eje de la dirección hasta una posición que prevenga la activación del dispositivo.

Activación:

Se activa el dispositivo.

Activado:

Se rota el eje de la dirección de manera que en el momento en que se engancha el dispositivo de bloqueo, el torque aplicado sea de 40 Nm.

Desactivado:

Se desactiva el dispositivo por el método normal.

Retorno:

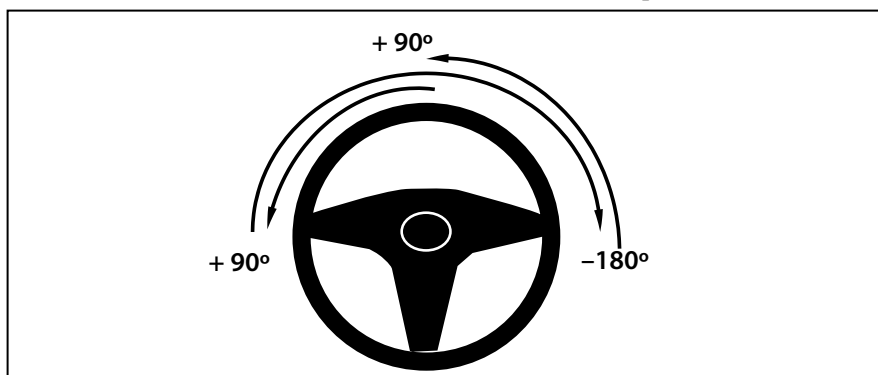
Se rota el eje de la dirección hasta una posición que prevenga la activación del dispositivo.

Dirección contraria:

Se repite el proceso anterior pero en la dirección contraria.

Esos dispositivos también se someten a una prueba para medir su resistencia, la cual consiste en aplicar un torque en el sistema de dirección. Para ello se activa el dispositivo para bloquear la dirección y se aplica un torque de manera que se rote la dirección en los ángulos $+90^\circ$, -180° y $+90^\circ$, como lo indica la Ilustración 4-100, ciclo que se repite cinco veces.

Ilustración 4-100. Prueba de resistencia del mecanismo de bloqueo de la dirección



"From regulation No. 116: Uniform technical prescriptions concerning the protection of motor vehicles against unauthorized use, © 2005, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La magnitud del torque aplicado en cada ciclo de prueba puede variar según el diseño del mecanismo antirrobo, pero éste debe satisfacer alguno de los siguientes criterios:

1. Ser capaz de soportar un torque de al menos 300 Nm sin que se produzca un daño que pueda comprometer la seguridad.
2. Incorporar un mecanismo diseñado para ceder, que le permita al sistema soportar un torque de al menos 100 Nm.
3. Debe tener un mecanismo que le permita a la manivela rotar libremente sobre el eje de la dirección que está bloqueado. Además, el sistema de bloqueo debe poder resistir un torque de al menos 200 Nm.

Al terminar las pruebas los dispositivos deben ser capaces de funcionar correctamente, lo cual implica que no bloqueen la dirección cuando el vehículo está encendido y que se deba desbloquear la dirección antes de poder encender el vehículo.

Por su parte las alarmas son sometidas a pruebas para determinar que funcionan adecuadamente. Por lo tanto, se realiza un chequeo de la duración de la alarma, de la frecuencia, del número de ciclos y del bloqueo de las mismas.

Los sistemas de alarma y los inmovilizadores deben ser sometidos a pruebas de protección eléctrica contra objetos extraños, agua y humedad según las normas IEC 529-1989 y IEC 68-22-30-1980 y posteriormente se repiten las pruebas operacionales.

Además de ello, las alarmas y los inmovilizadores también son sometidos a ensayos para estudiar la seguridad contra inversiones de polaridad y cortocircuitos, ensayos del consumo de energía mientras está activada, prueba de resistencia a las vibraciones, pruebas de durabilidad, prueba del interruptor externo que se activa con la llave, ensayo de protección del compartimiento de pasajeros, ensayos de compatibilidad electromagnética y contra la generación de falsas alarmas.

En la prueba de resistencia a la inversión de polaridad se aplica un voltaje de 13 V durante 2 minutos, pero con la polaridad invertida. Durante ese tiempo los componentes del sistema de alarma o del inmovilizador no deben destruirse. Además, al finalizar la prueba se realiza un chequeo del funcionamiento de la alarma.

El ensayo de resistencia a los cortocircuitos se conecta el sistema de alarma o el inmovilizador a tierra de forma que se genere un cortocircuito y se aplica un voltaje de 13 V. Al finalizar la prueba se realiza un chequeo del funcionamiento de la alarma.

Para estudiar el consumo de energía del sistema completo de alarma o del inmovilizador mientras están activados, se lleva a cabo la medición del amperaje promedio. Éste debe ser menor a 20 mA.

La prueba resistencia a las vibraciones se realiza de forma diferente según sea el tipo de componente del sistema de alarma o del inmovilizador que se va a probar, ya que los componentes que normalmente se montan en el vehículo y los componentes que se montan en el motor son

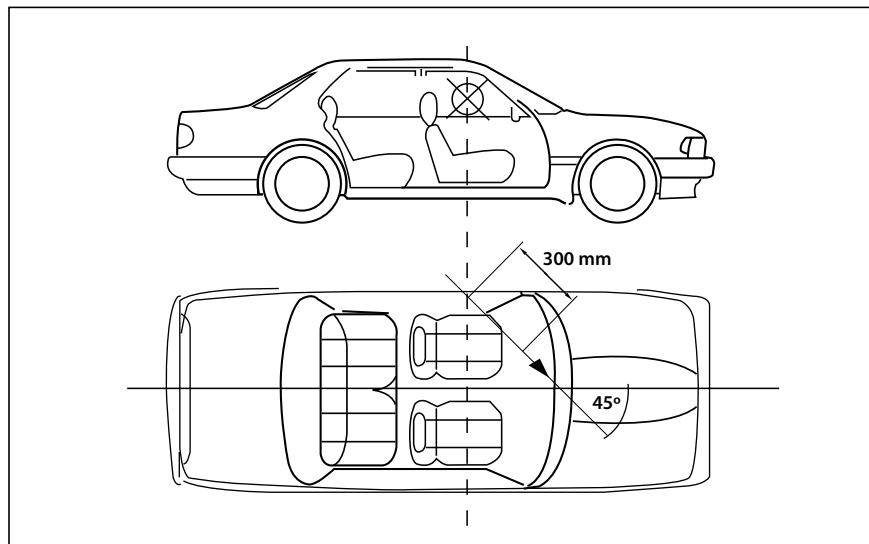
sometidos a vibraciones de diferentes frecuencias. En ambos casos las vibraciones deben ser sinusoidales, se deben producir a lo largo de los tres ejes y el número de ciclos debe ser de 10, mientras se mantienen los componentes eléctricamente conectados. Las características de las vibraciones inducidas en cada componente se muestran a continuación:

1. Los componentes que se colocan en el vehículo deben ser sometidos a vibraciones cuya frecuencia varía entre 10 Hz y 500 Hz, con una amplitud de 5 mm y una aceleración máxima de 3 G.
2. Los componentes que se montan en el motor deben ser sometidos a vibraciones cuya frecuencia varía entre 20 Hz y 300 Hz, con una amplitud de 12 mm y una aceleración máxima de 15 G.

La prueba de durabilidad se realiza solo en los sistemas de alarmas y consiste en activar ciclos completos de la alarma 300 veces, permitiendo que la parte sonora descansa durante 5 minutos. Cuando las alarmas cuentan con un interruptor externo que se activa con la llave, el interruptor debe ser sometido a una prueba de resistencia. El interruptor debe permanecer funcionando adecuadamente después de 2,500 ciclos de activación y desactivación en cada dirección, seguidos de 96 horas de exposición a una solución salina para evaluar la resistencia a la corrosión según la norma IEC 68-2-11-1981.

En el ensayo de protección del compartimiento de pasajeros también se usa para evaluar el funcionamiento de los sistemas de alarmas solamente. En ese ensayo se inserta un panel vertical a una velocidad de 0.4 m/s a través de alguna ventana frontal abierta, en la dirección mostrada en la Ilustración 4-101, por una profundidad de 300 mm. El objetivo del ensayo es corroborar que se active la alarma cuando el vehículo sufre dicha intrusión.

Ilustración 4-101. Prueba de la protección del compartimiento de pasajeros dada por el sistema de alarma

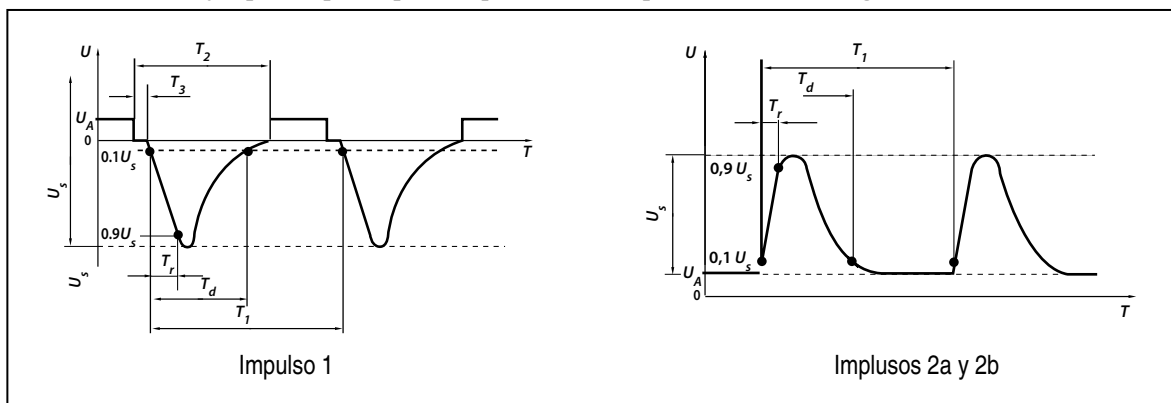


"From regulation No. 116: Uniform technical prescriptions concerning the protection of motor vehicles against unauthorized use, © 2005, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Las pruebas de compatibilidad electromagnética aplican tanto para los sistemas de alarmas como para los inmovilizadores y se pueden llevar a cabo por medio del método ISO o por medio del método IEC. Con el método ISO se deben llevar a cabo ensayos para estudiar la inmunidad contra perturbaciones conducidas a través de las líneas de suministro, en las líneas de la señal, protección en contra de perturbaciones producidas por radiación de alta frecuencia, perturbaciones producidas por cargas electrostáticas e inmunidad a emisiones radiadas.

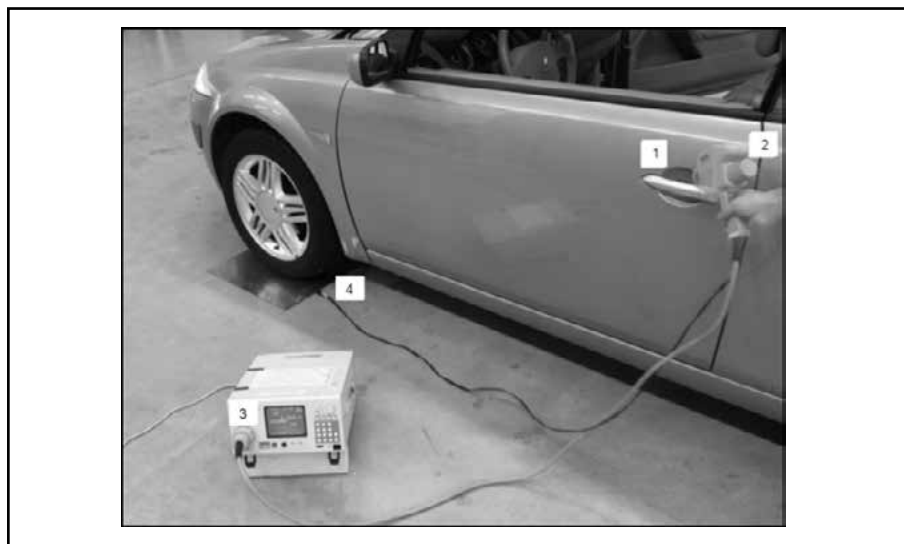
La inmunidad ante perturbaciones producidas en las líneas de suministro de energía y en las líneas de señal de las alarmas se realizan induciendo pulsos eléctricos de distintos tipos, pulsos que se producen con un generador de pulsos de prueba. Esos pulsos son periódicos y tienen formas diferentes, como lo ejemplifica la Ilustración 4-102. El objetivo de esas pruebas es determinar si después de los impulsos el sistema continúa funcionando adecuadamente. Para realizar esas pruebas se debe utilizar el método descrito en norma ISO 7637:1990.

Ilustración 4-102. Ejemplos de pulsos para las pruebas de compatibilidad electromagnética



Estas figuras se obtuvieron de la norma ISO 7637-2:2004 y se reprodujeron con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Ilustración 4-103. Prueba de inmunidad ante descargas electrostáticas



Esta figura se obtuvo de la norma ISO 10605:2008 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Las pruebas de descargas electrostáticas están hechas para simular el efecto que puede generar una descarga electrostática producida por el contacto del cuerpo de una persona con el vehículo (O'Hara, 2007). Estas pruebas se llevan a cabo siguiendo los lineamientos de la norma ISO 10605-1993, para lo cual se utiliza un generador de pulsos de cargas electrostáticas que tiene la forma de una punta (ver Ilustración 4-103). Estas pruebas se usan para estudiar dos tipos de descargas: las producidas por el contacto directo y las que se producen por descargas que se transmiten a través del aire y se puede evaluar tanto el contacto con el vehículo como el contacto con el dispositivo bajo prueba, que en este caso es el sistema de alarma del vehículo.

Las pruebas de inmunidad ante radiaciones de alta frecuencia y las emisiones radiadas se llevan a cabo según lo estipulado en la norma vehicular de la ECE 10.

Según la normativa IEC, las perturbaciones conducidas a través de las líneas de suministro o las líneas de señal, perturbaciones electromagnéticas y de emisiones radiadas, se deben llevar a cabo de acuerdo con las normas ISO 7637, ISO/TR 10605:1993 o EN 61000-4-2 y la norma vehicular ECE 10 respectivamente. No obstante, también se deben realizar pruebas de campo electromagnético, siguiendo la norma IEC 839-1-3-1998.

Por último, también se llevan a cabo pruebas para verificar que no se produzcan falsas alarmas ante determinados eventos, por lo que se estudia la respuesta del sistema de alarma ante un impacto en el vehículo, ante caídas de voltaje e impactos en el compartimiento de pasajeros. En todos los casos la intención es comprobar que no se active la alarma y las pruebas se llevan a cabo como se indica a continuación:

1. Se producen impactos de 4.5 J de magnitud en cualquier parte del vehículo, usando para ello un cuerpo hemisférico de 165 mm de radio y una dureza de 70 Shore A.
2. Se reduce el voltaje de la batería a una razón de 0.5 V/h hasta llegar a 3 V
3. Los sistemas diseñados para proteger el compartimiento de pasajeros se prueban golpeando el compartimiento 5 veces, de la misma manera indicada en la prueba 1. Además, la presencia de una persona tocando el vehículo o moviéndose alrededor de él no debe producir falsas alarmas.

ECE 117 (Ruido, adhesión y resistencia al ruedo de las llantas)

En esta regulación se especifican los requerimientos de las emisiones de ruido, de la resistencia al ruedo y de la adhesión de las llantas en superficies mojadas. La norma rige sobre tres clases de llantas que se caracterizan de la siguiente manera:

C1 = llantas que cumplen con la regulación vehicular ECE 30.

C2 = llantas que cumplen con la regulación vehicular ECE 54, cuyo índice de capacidad de carga es menor o igual a 121 y su categoría de velocidad es N o mayor.

C3 = llantas que cumplen con la regulación vehicular ECE 54, cuyo índice de capacidad de carga es mayor a 122 y su categoría de velocidad es menor o igual a M.

Las pruebas asociadas a la seguridad vial son las del agarre de las llantas en superficies mojadas, ya que con esto se procura que las llantas brinden una adecuada estabilidad durante diversas maniobras de conducción y durante el frenado. Estas pruebas consisten en utilizar vehículos especialmente instrumentados que permiten medir las fuerzas verticales y horizontales aplicadas en las llantas, e instrumentos adicionales para medir la velocidad. El vehículo debe estar equipado con frenos ABS y en el ensayo se deben aplicar los frenos lo suficientemente duro como para activar los frenos ABS (aplicando una fuerza mayor a 600 N en el pedal), para luego determinar la desaceleración promedio que se produce entre dos velocidades predefinidas.

Como la pista debe estar mojada, media hora antes de iniciar la prueba se debe comenzar a mojarla y durante la prueba se debe procurar que la capa de agua sea de 1 mm de espesor, medido a partir de la cima del pavimento.

Una vez que la pista está lista, se conduce el vehículo utilizando unas llantas estándar que se utilizan como referencia para determinar así los valores límites del agarre de las llantas. Luego se conduce el mismo vehículo pero usando las llantas que se van a probar, lo cual permite comparar los valores del agarre.

La aplicación de los frenos comienza a partir de una velocidad específica que varía según el tipo de llanta a estudiar. Por ejemplo, al evaluar el agarre en húmedo de las llantas de la clase C1, se parte de una velocidad de los 85 km/h y la desaceleración promedio se mide entre los valores correspondientes a los 80 y 20 km/h. Una vez obtenidos los valores de desaceleración promedio del vehículo cuando utiliza llantas de referencia y de las llantas de prueba se calcula el índice de agarre sobre superficies mojadas.

Para realizar la prueba del agarre en superficie húmeda de las llantas de los remolques, el ensayo se lleva a cabo de forma similar al descrito anteriormente; sin embargo hay ciertas diferencias que se deben considerar:

1. Se necesita acoplar el remolque a un vehículo con propulsión propia lo suficientemente fuerte como para mantener una velocidad constante específica (50 o 65 km/h dependiendo del tipo de llanta) a pesar de que se esté aplicando la máxima fuerza de frenado del remolque.
2. No se requiere que el vehículo cuente con frenos ABS.
3. Es necesario producir una acción de frenado de manera que se logre determinar la fuerza máxima antes de que inicie el bloqueo de las llantas, midiendo tanto las fuerzas verticales como las fuerzas horizontales aplicadas en las llantas, lo cual permite determinar el coeficiente de frenado pico.
4. En estos casos el cálculo del agarre sobre superficies húmedas se basa en los coeficientes de frenado pico de cada una de las llantas, usando las llantas de referencia y las llantas de prueba.

Al finalizar las pruebas, el agarre de las llantas debe ser mayor a los valores indicados en la siguiente tabla.

Tabla 4-55. Valores mínimos permitidos del agarre de las llantas en superficies húmedas

Clase	Categoría		
	Otro	Tracción	Normal
C1	–	–	≥ 1.1
C2	≤ 0.95	≥ 0.85	–
C3	≥ 0.80	≥ 0.65	–

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°117 de la ECE y de la emendación 2 de dicha regulación.

También se lleva a cabo una evaluación del desempeño de las llantas en la nieve, pero ese aspecto no fue tomado en cuenta en este estudio puesto que no es de interés en países tropicales como Costa Rica.

ECE 118 (Resistencia al fuego y a la impregnación de lubricantes)

En esta regulación se especifican los requerimientos acerca del cómo se comportan los materiales con los que se hacen algunos vehículos de la categoría M₃ cuando se están quemando, y de su resistencia a repeler lubricantes y combustibles.

Los materiales con los que se construyen algunos de los componentes vehiculares deben ser sometidos a pruebas para estudiar su comportamiento cuando se queman en posición horizontal, mientras se derriten y cuando se queman en posición vertical; además se estudia su capacidad para repeler aceites y combustibles y se analiza la resistencia a la propagación de llamas de los cables eléctricos.

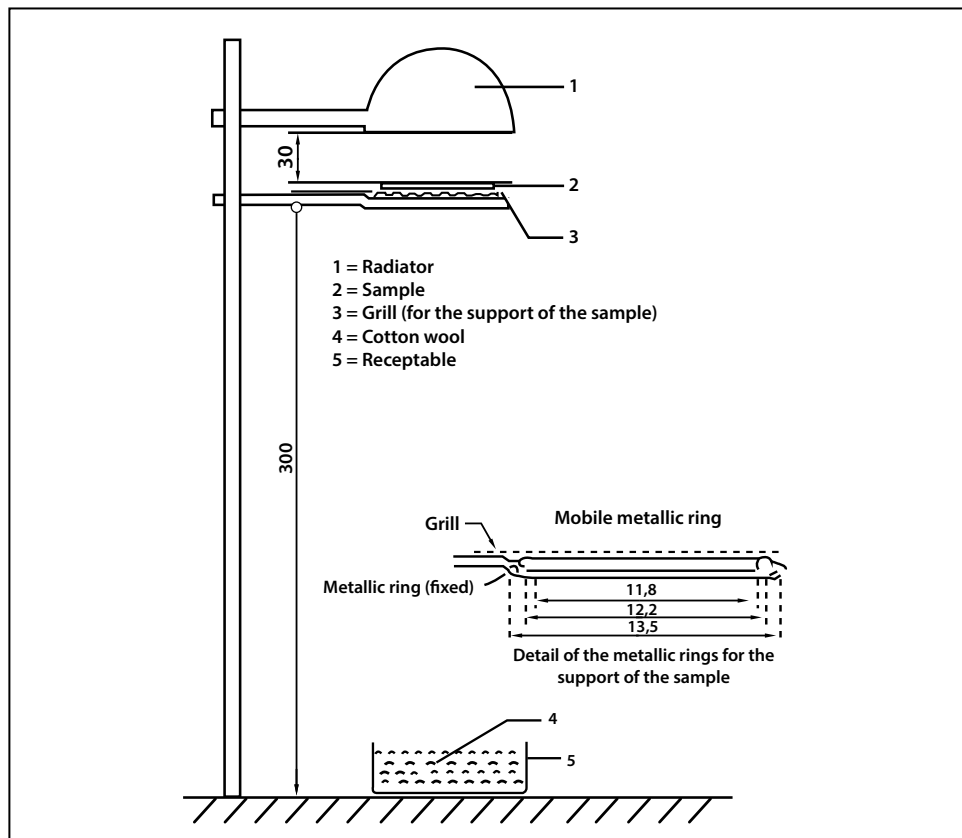
En la prueba de combustión en posición horizontal, se colocan las piezas en tal posición dentro de una cámara de combustión y se exponen a una flama durante 15 s, con el fin de determinar si la flama se extingue y cuándo se extingue o cuándo sobrepasa una distancia determinada. Es importante tomar en cuenta que la muestra se debe colocar de manera que quede un extremo en voladizo, extremo que es el que se somete directamente a la llama, lo cual permite medir el tiempo que dura la llama en moverse desde un punto A hasta un punto B, en caso de que ésta no se extinga.

La prueba de combustión en posición horizontal está hecha para evaluar los materiales compuestos usados dentro del compartimiento de pasajeros y el aislamiento que se utiliza en el compartimiento del motor, que van colocados en tal posición. Si la tasa de quemado es menor a 100 mm/min, o si la llama se extingue antes de alcanzar cierta distancia determinada, se considera que el material cumple con lo requerido.

A diferencia de la prueba anterior, para evaluar el comportamiento de los materiales cuando se derriten no se les expone a una llama directamente, sino que se les calienta por medio de un radiador eléctrico, con una potencia útil de 500 W. En esta prueba las piezas se colocan de forma horizontal debajo del radiador a una distancia de 30 mm. Debajo de la muestra se coloca una bandeja para recolectar las gotas (en caso de que se formen), bandeja que debe tener un poco de lana de algodón para poder determinar si las gotas bajan en llamas (ver Ilustración 4-104).

La evaluación del comportamiento durante el derretimiento se lleva a cabo en los materiales compuestos que se utilizan más de 500 mm por encima de los asientos, en el techo, para el aislamiento usado dentro

Ilustración 4-104. Evaluación del comportamiento durante el derretimiento de los materiales



"From regulation No. 118: Uniform technical prescriptions concerning the burning behavior and/or the capability to repel fuel or lubricant of materials used in the construction of certain categories of motor vehicles, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

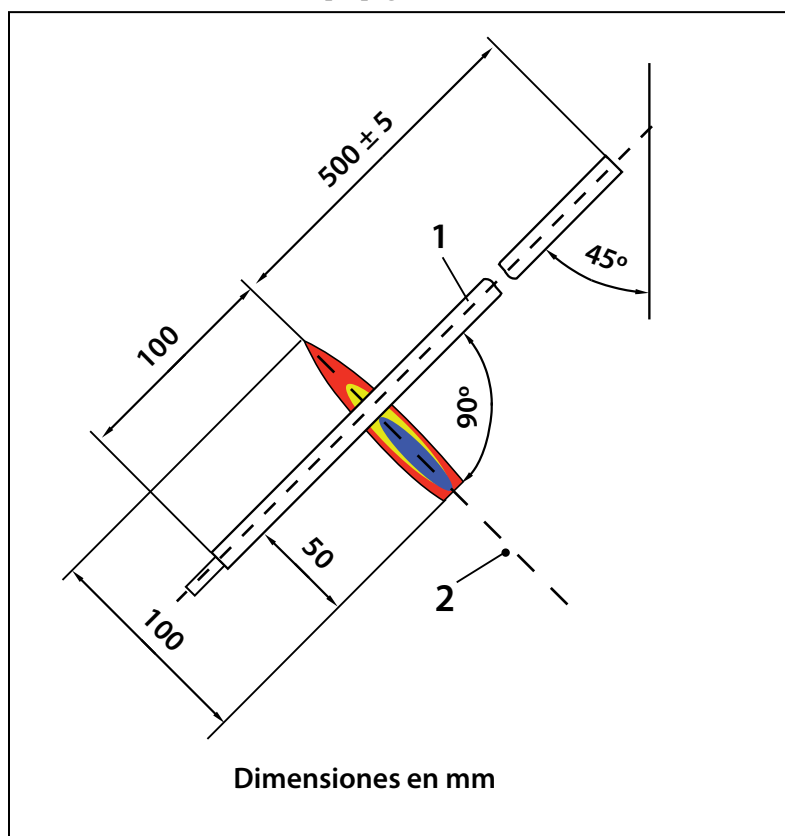
del compartimiento del motor, entre otros. Los resultados de la prueba se consideran satisfactorios si ninguna gota hace que se incendie la lana de algodón.

Para evaluar la combustión en posición vertical, se colocan las muestras de los materiales verticalmente y se les somete a una flama para poder así medir su velocidad de propagación.

La flama se aplica durante 5 segundos o 15 segundos (según sea el caso). Una característica importante del aparato en donde se colocan las muestras para quemarlas, es que poseen tres marcadores de altura, posicionados uno sobre el otro a una distancia de 150 mm, al frente y detrás de la muestra. Entonces, mientras se quema el espécimen se debe anotar el tiempo que dura la flama en alcanzar cada uno de los marcadores. Ese ensayo está diseñado para probar los materiales compuestos que se instalan en la posición vertical dentro del compartimiento de pasajeros, aislamientos instalados dentro del compartimiento del motor, entre otros. Los resultados se consideran satisfactorios si la tasa de quemado no sobrepasa los 100 mm/min o si la flama se extingue antes de quemar alguno de los primeros marcadores.

La prueba de la capacidad de repeler los lubricantes y el aceite consiste en sumergir una muestra del material, previamente pesado, en un tanque que contiene diesel, durante 24 horas. Luego se pesa nuevamente el espécimen.

Ilustración 4-105. Prueba de propagación de la llama en cables eléctricos



Esta figura se modificó de la norma ISO 6722:2006 y se reprodujo con permiso de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO. Los derechos de autor le continúan perteneciendo a ISO.

Esa prueba está hecha para evaluar la capacidad de repeler el aceite y la gasolina de todos los materiales usados en el compartimiento del motor. El incremento en el peso de la muestra no debe exceder 1 g. Por último, los cables deben ser sometidos a una prueba de resistencia a la propagación de las llamas, prueba que se realiza según la norma ISO 6722:2006. Para ello se expone una muestra del cable a la punta del cono azul interno de una flama (ver Ilustración 4-105), hasta que el conductor (hilo metálico que está en la parte interna del cable) se haga visible o después de 15 segundos de exposición, según sea el caso. Al finalizar la prueba, la flama que se produzca en el aislamiento se debe extinguir en un lapso menor o igual a 70 segundos, y deben quedar sin quemarse por lo menos unos 50 mm de aislamiento en el extremo superior de la muestra.

ECE 122 (Sistemas de calentamiento de los vehículos)

Esta regulación se aplica a los vehículos de las categorías M, N y O que poseen sistemas de calefacción usados para calentar el compartimiento de pasajeros y para calentar el área de carga.

Los calentadores se someten a pruebas para determinar la calidad del aire y la temperatura, para estudiar las emisiones de la mufla de los calentadores de combustión y para determinar que no puede entrar aire contaminado a causa del combustible.

Para evaluar la calidad del aire, se deja funcionando el calentador por una hora a su máxima capacidad con aire estático (velocidad del viento ≤ 2 m/s) con todas las ventanas cerradas. Luego se realizan mediciones de CO en un lugar fuera del vehículo lo más próximo a la entrada de aire del calentador y en un punto dentro del vehículo a menos de 1 m de la salida de aire. El requerimiento es que la medición de CO en el interior no sobrepase en más de 20 ppm de CO la medición en el exterior.

La medición de la temperatura también se lleva a cabo una hora después de que el sistema de calentamiento estuvo trabajando a máxima capacidad en un ambiente con el aire calmado, pero si el aire caliente proviene del exterior, éste no debe estar a menos de 15°C. La prueba consiste en medir la temperatura de las partes internas del vehículo que pueden entrar en contacto con el conductor o los pasajeros. El objetivo es determinar que la temperatura de las superficies metálicas expuestas que puedan tener contacto con ellos no supere los valores indicados en la Tabla 4-56. Además, la temperatura de las partes del sistema de calentamiento que se ubican detrás del conductor y la temperatura de las partes expuestas que se encuentran fuera del compartimiento de pasajeros no deben superar los 110°C. Por último, la temperatura del aire caliente que entra al compartimiento de pasajeros, medida en el centro de la salida de aire, no debe ser mayor que 150°C.

Tabla 4-56. Valores máximos de temperatura permitidos

Tripulante	Superficie metálica expuesta	Otros materiales
Conductor	70	80
Pasajeros	110	110
Pasajeros de vehículos de las categorías M ₂ y M ₃	70	80

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N°122 de la ECE.

Los calentadores por combustión son sometidos a un análisis de los gases producidos, con el objetivo de corroborar que no se sobrepasen los valores indicados en la Tabla 4-57. Para esta prueba también se deja funcionando el calentador a máxima capacidad durante una hora, pero se debe asegurar que la temperatura ambiente sea de 20 ± 10°C. Luego se repite la prueba a una velocidad del vehículo de 100 km/h o a la velocidad máxima de diseño si es menor, condiciones en las que el porcentaje volumétrico de CO no debe exceder 0.2%.

Tabla 4-57. Límites permitidos de las emisiones de gases de los calentadores

Parámetro	Calentadores que utilizan combustibles gaseosos	Calentadores que utilizan combustibles líquidos
CO	0.1% volumen	0.1% volumen
NOx	200 ppm	200 ppm
HC	100 ppm	100 ppm
Índice de opacidad Bacharach	1	4

“From regulation No. 122: Uniform technical prescriptions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to their heating systems, © 2006, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations.”

Los calentadores por combustión también son sometidos a una prueba de fugas con la intención de descartar la posibilidad de que el aire que ingresa al vehículo se contamine con el combustible. Para ello se somete el circuito principal del intercambiador de calor a una presión hidrostática de 0.5 hPa. Los resultados se consideran satisfactorios si la fuga, en caso de que se produzca alguna, tiene un flujo menor o igual a 30 dm³/h.

ECE 124 (Aros de repuesto de los vehículos de pasajeros y sus remolques)

En esta regulación se especifican los requerimientos de los aros de los vehículos de pasajeros de las categorías M₁, M₁G, O₁ y O₂.

La norma menciona que los aros hechos con ciertos metales deben ser sometidos a pruebas metalúrgicas para determinar si poseen una composición química adecuada, pruebas mecánicas para determinar el porcentaje de elongación, fuerza ante una elongación no proporcional, esfuerzo de tensión y análisis de defectos metalúrgicos.

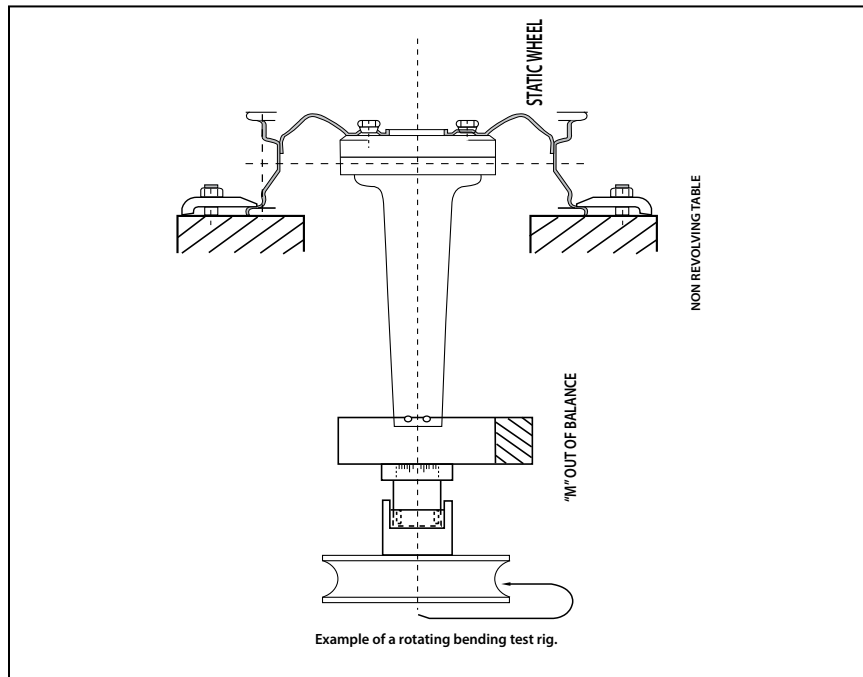
Los aros también deben ser sometidos a una prueba de corrosión en la que se rocían con diversas soluciones salinas algunas muestras del material del aro durante 384 horas, siguiendo lo estipulado en la norma ISO 9227. Pero antes de rociar los especímenes, su superficie debe ser preparada haciéndole canales y daños producidos por el impacto con piedras según lo estipulado en la norma ISO 565.

Al cabo de 192 horas de prueba no debe presentarse corrosión significativa. Además, después de terminarse las 384 horas, la funcionalidad del aro, de los componentes de montaje y de la zona donde se asienta la llanta no deben verse afectados adversamente. Para confirmar eso se debe realizar la prueba de flexión durante la rotación o una prueba de ruedo, dependiendo de donde se concentre la corrosión.

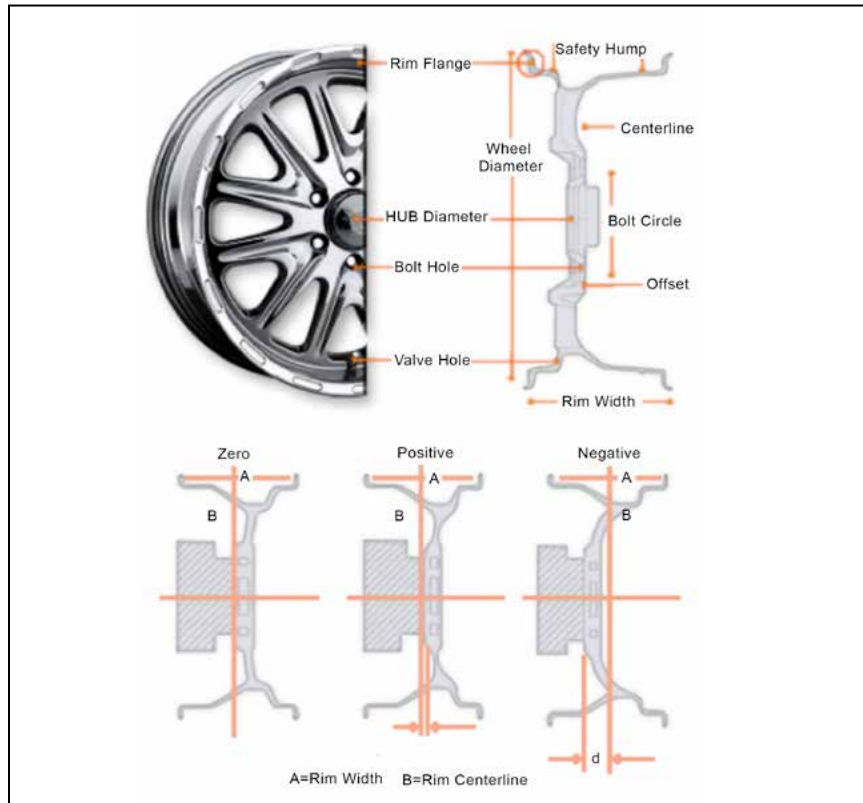
La prueba de flexión durante la rotación se lleva a cabo para simular el efecto de los momentos flectores que sufre el aro cuando el vehículo está viajando en una trayectoria curva. Para ello se hacen rotar cuatro aros en un banco de pruebas (ver Ilustración 4-106) y mientras giran, a dos se les aplica el 50% de la fuerza máxima lateral y a los otros dos se les aplica el 75% de la fuerza máxima lateral, aplicando el momento flector en el área de montaje de la llanta. El valor del momento que se debe aplicar depende de la carga máxima y se calcula con la siguiente ecuación:

$$M_{bmax} = S \cdot F_v \cdot (\mu \cdot r_{dyn} + d) \quad (XVI)$$

donde (M_{bmax}) es el momento flector máximo [Nm], S es un factor de seguridad equivalente a 2, F_v es la capacidad máxima del aro [N], μ es el coeficiente de fricción con un valor de 0.9, r_{dyn} es el radio dinámico de la llanta más grande recomendada [m] y d es la distancia entre la superficie de montaje del aro (donde se colocan los tornillos) y su línea central, medida desde la cara externa del disco de montaje (ver Ilustración 4-107). Además, La cantidad de ciclos de prueba depende del material y de la categoría vehicular (ver Tabla 4-58) y la cantidad de ciclos por minuto puede ser la máxima posible, siempre y cuando el sistema no entre en resonancia.

Ilustración 4-106. Prueba de flexión de los aros durante la rotación

"From regulation No. 124: Uniform provisions concerning the approval of wheels for passenger cars and their trailers, © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-107. Características de un aro

La distancia d se determina primero dividiendo el ancho del aro a la mitad para ubicar la línea central y luego midiendo la longitud de separación entre dicha línea y la superficie de montaje del aro. Esta distancia puede ser positiva, negativa o nula. Modificada de "Wheel backspacing and Wheel offset," por 4WD. Cortesía de 4 Wheel Parts.

Tabla 4-58. Cantidad de ciclos de la prueba de flexión de los aros

Categoría vehicular	Aluminio/magnesio		Acero	
	M ₁ y M _{1G}	O ₁ y O ₂	M ₁ y M _{1G}	O ₁ y O ₂
Al 75% de M _{bmax}	2.0 x 10 ⁵	0.66 x 10 ⁶	6.0 x 10 ⁴	2.0 x 10 ⁴
Al 50% de M _{bmax}	1.8 x 10 ⁶	0.69 x 10 ⁶	6.0 x 10 ⁵	2.3 x 10 ⁵

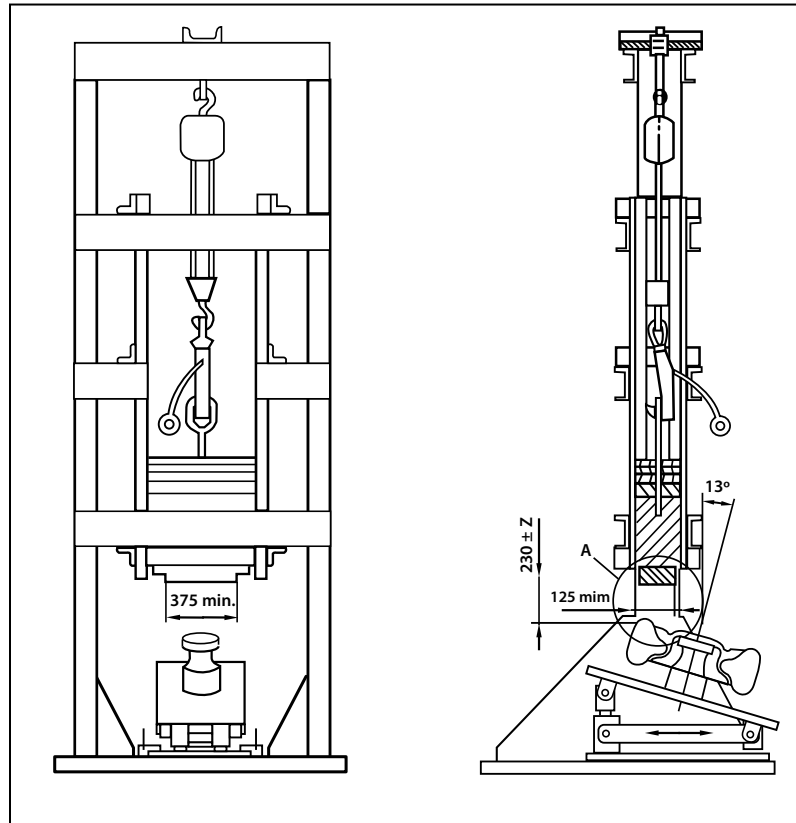
"Modified from regulation No. 124: Uniform provisions concerning the approval of wheels for passenger cars and their trailers, © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La prueba de resistencia durante el ruedo se lleva a cabo para simular los esfuerzos a los que se somete el aro mientras el vehículo está circulando en línea recta. Esta consiste en hacer rodar la llanta, junto con el aro, sobre un rodillo mientras la llanta está cargada con una fuerza cuyo valor ronda entre 2 y 2.5 veces su máxima capacidad de carga y a la velocidad máxima permitida para la llanta en una distancia equivalente al 1,000 o 2,000 km.

Los aros también son sometidos a una prueba de impacto para determinar su resistencia a las fracturas cuando chocan contra un obstáculo. Para ello se coloca el aro junto con la llanta más pequeña que se le puede montar, en una máquina que permite golpearlos con una masa que se deja caer sobre ellos, procurando que la masa golpee la llanta y se extienda 25 mm sobre el borde del aro (ver Ilustración 4-108). La masa (D) se deja caer de una altura de 230 mm y su magnitud se determina con la siguiente ecuación.

$$D = 0.6 \frac{F_v}{g} + 180 \text{ [kg]} \quad (XVII)$$

donde F_v/g es la máxima carga estática que puede soportar la llanta. La rueda debe ser capaz de soportar el impacto sin que se produzcan fracturas visibles que penetren hasta el centro del componente central del aro, sin que los componentes centrales se separen y sin que la presión de la llanta se pierda por completo en menos de un minuto.

Ilustración 4-108. Prueba de impacto de los aros

"From regulation No. 124: Uniform provisions concerning the approval of wheels for passenger cars and their trailers, © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Por último, los aros son sometidos a una prueba de torque variable que se realiza para determinar su resistencia a los cambios en la magnitud del torque que ocurren cuando se acelera y cuando se frena. Para ello se coloca el ensamble del aro y la llanta en una mesa para pruebas y se les somete a variaciones de torque. Similar a la prueba de flexión, los ensambles son sometidos a pruebas al 50% y al 75% del torque máximo, pero a ese valor se le suma o resta el torque de prueba (M^T) que se calcula de la siguiente manera:

$$M_T = S \cdot F_v \cdot r_{dyn} \quad (XVIII)$$

donde S es un factor de seguridad igual a 1, F_v es la capacidad máxima de carga que soporta el aro [N] y r_{dyn} es el radio dinámico [m]. El torque de prueba se hace variar en un $\pm 90\%$ o en un $\pm 45\%$ y la cantidad de ciclos depende del porcentaje del torque de prueba, como lo muestra la Tabla 4-59. Al final de la prueba no deben presentarse agrietamientos.

Tabla 4-59. Ciclos de torque variable

Porcentaje del torque de prueba	Número de ciclos
Al 90% de M_T	2×10^5
Al 45% de M_T	2×10^6

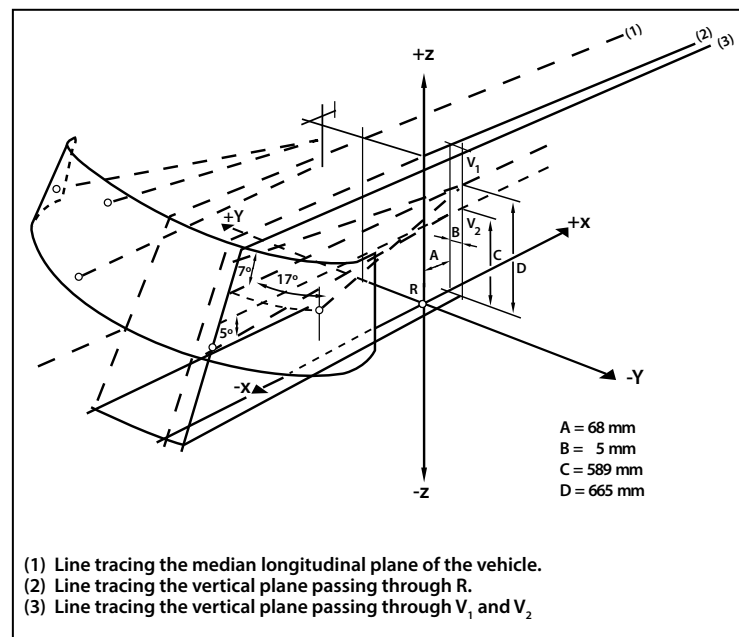
"Modified from regulation No. 124: Uniform provisions concerning the approval of wheels for passenger cars and their trailers, © 2007, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 125 (Campo de visión a través del parabrisas)

En esta regulación se especifican los requerimientos del campo de visión en un rango de 180° , de los conductores de los vehículos de la categoría M_1 .

Para llevar a cabo el estudio del rango de visión de los conductores, se coloca el vehículo cuidadosamente en una cuadrícula de referencia. Luego se pueden utilizar diversos elementos como teodolitos, fuentes de luces, dispositivos de sombras o cualquier instrumento que permita corroborar los requerimientos.

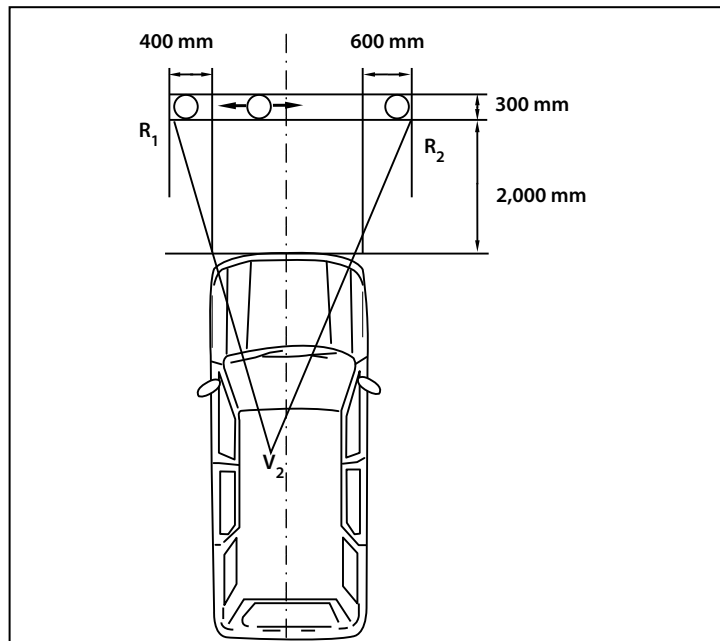
Ilustración 4-109. Verificación del campo de visión de los conductores.



"From regulation No. 125: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the forward field of vision of the motor vehicle driver, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

El objetivo de la prueba es determinar que se cumpla con ciertos requisitos de visibilidad comprobando que el parabrisas permite tener diferentes ángulos de visión (ver Ilustración 4-109), que el pilar A no obstruya de forma excesiva la visibilidad del conductor y que las barras de división de las ventanas laterales, los espejos retrovisores, entre otros objetos no disminuyan el rango de visión del conductor de forma excesiva, ya que el rango de visión debe ser la menos de 180°. También, los vehículos cuyo punto V_2 se ubica 1,650 mm por encima del nivel del piso, se debe verificar que el conductor es capaz de ver unos cilindros de 1,200 mm de altura, como se aprecia en la Ilustración 4-110.

Ilustración 4-110. Verificación de la capacidad de observar obstáculos



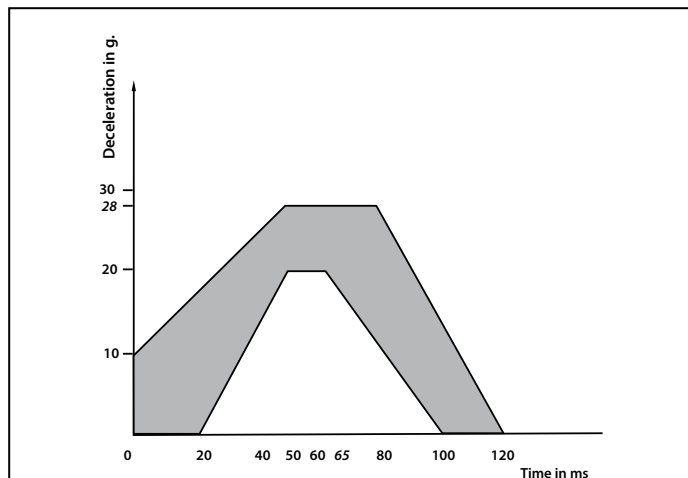
"From regulation No. 125: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the forward field of vision of the motor vehicle driver, © 2013, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 126 (Sistemas de particiones)

El objetivo de esta regulación es especificar los requerimientos de los dispositivos que se utilizan para evitar que los pasajeros de los vehículos de la categoría M_1 sean lesionados por el equipaje, previniendo que éste ingrese al compartimiento de pasajeros cuando ocurre una colisión frontal.

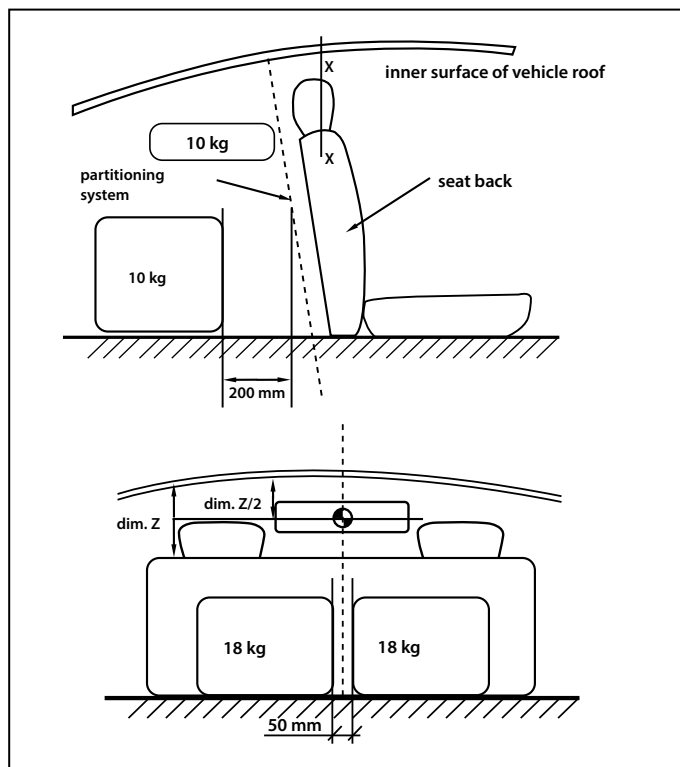
Para determinar si la partición tiene suficiente resistencia, se coloca en una plataforma de pruebas para someterla a un movimiento que se caracteriza porque su curva de desaceleración se encuentra dentro del rango indicado en la Ilustración 4-111. La plataforma se carga con unos bloques de 10 kg y 18 kg en la parte de atrás, los cuales se pueden mover hacia adelante y cuya función es ejercer fuerzas en la partición durante el movimiento (ver Ilustración 4-112). El resultado de la prueba se considera satisfactorio si el movimiento de los bloques es menor a 300 mm más allá del plano Y-Y mostrado en la Ilustración 4-113, el cual se ubica en la parte de atrás del respaldar de las sillas de los pasajeros.

Ilustración 4-111. Gráfico de aceleración vs tiempo para la prueba de resistencia de las particiones



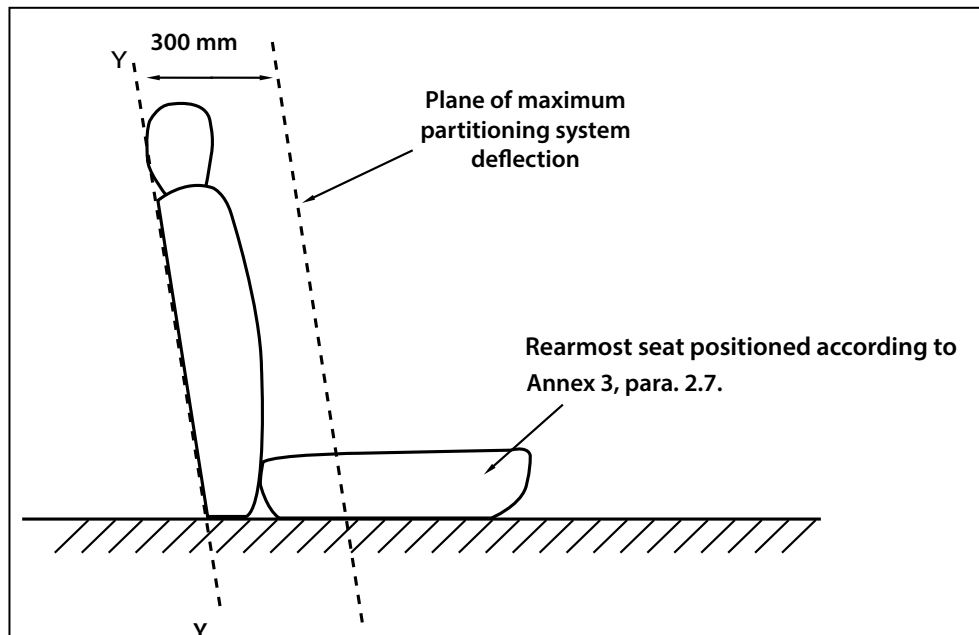
"From regulation No. 126: Uniform provisions concerning the approval of partitioning systems to protect passengers against displaced luggage, supplied as non original vehicle equipment, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-112. Prueba de resistencia de las particiones



"From regulation No. 126: Uniform provisions concerning the approval of partitioning systems to protect passengers against displaced luggage, supplied as non original vehicle equipment, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-113. Deflexión máxima permitida de las particiones



"From regulation No. 126: Uniform provisions concerning the approval of partitioning systems to protect passengers against displaced luggage, supplied as non original vehicle equipment, © 2008, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

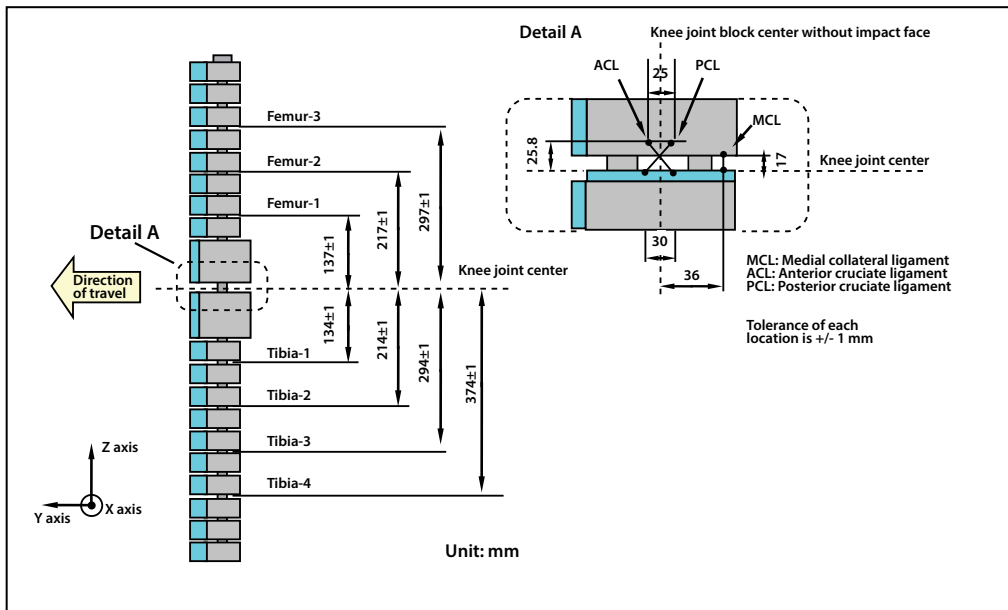
ECE 127 (Protección para los peatones)

En esta regulación se especifican los requerimientos de protección de peatones de los vehículos de las categorías M y N, salvo algunas excepciones.

Para evaluar si tales vehículos están diseñados de manera que ofrezcan cierto grado de protección para los peatones en caso de atropello, son sometidos a impactos con hormas de piernas contra el parachoques y hormas de cabeza contra la capota que permiten medir la magnitud del daño producido en esas áreas del cuerpo.

Los ensayos hechos con hormas de piernas se dividen en dos tipos, según la parte de la pierna que choca contra el parachoques: parte baja de la pierna y parte superior de la pierna. Para ello se utiliza una horma de pierna que permite medir el daño producido en el fémur, la rodilla y la tibia (Ilustración 4-114).

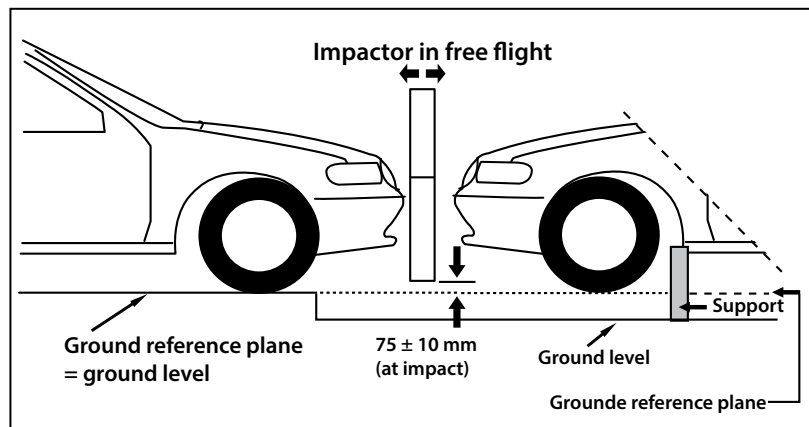
Antes de realizar la prueba de impacto de la parte baja flexible de la pierna, se deben seleccionar tres puntos de impacto distintos pertenecientes a estructuras diferentes del parachoques que estén a una distancia de al menos 66 mm de las esquinas, escogiendo los puntos que probablemente pueden producir mayores daños a los peatones, para poder así estudiar los peores escenarios. Una vez seleccionados los puntos se lanza la horma flexible de la parte baja de la pierna contra el parachoques, de manera que ella viaja en posición vertical e impacte el parachoques, en la parte baja flexible de la pierna, a una velocidad de 11.1 m/s sin tocar el suelo o algún otro objeto que no sea parte del vehículo (ver Ilustración 4-115), procurando que el momento flector de la tibia no supere los ± 15 Nm, 30 ms antes de la colisión.

Ilustración 4-114. Horma de pierna

"From regulation No. 127: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los criterios de aprobación del ensayo se basan en la elongación de los ligamentos y en la magnitud del momento flector de la tibia, como se indica a continuación:

1. La elongación dinámica máxima del ligamento colateral medial de la rodilla no debe superar los 22 mm.
2. La elongación dinámica máxima del ligamento cruzado y del ligamento posterior cruzado de la rodilla no debe superar los 13 mm.
3. El momento flector dinámico producido en la tibia no debe ser mayor que 340 Nm.

Ilustración 4-115. Prueba de impacto de la parte baja de la pierna contra el parachoques

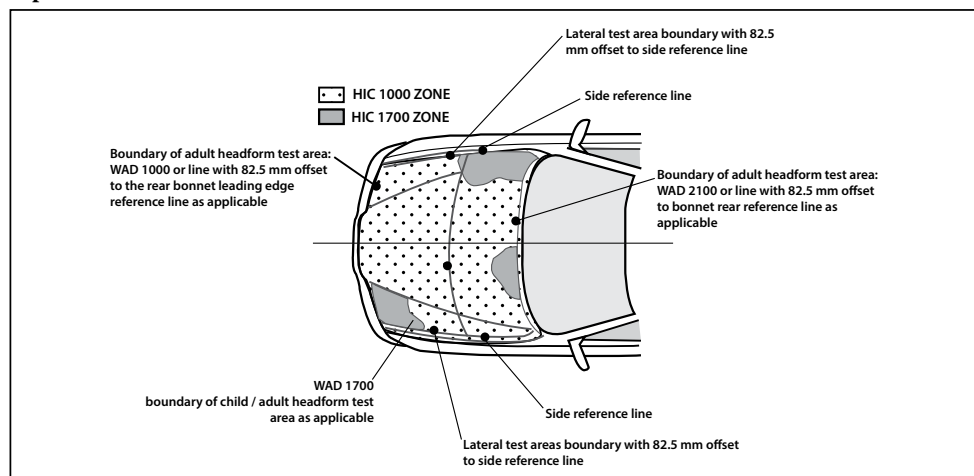
"From regulation No. 127: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La prueba que se realiza para medir el daño en la parte superior de la pierna es totalmente igual. No obstante, lo que varía son los criterios de aprobación, como se indica seguidamente:

1. La suma instantánea de las fuerzas con respecto al tiempo no debe superar los 7.5 kN.
2. El momento flector de la parte superior de la horma de pierna no debe superar los 510 Nm.

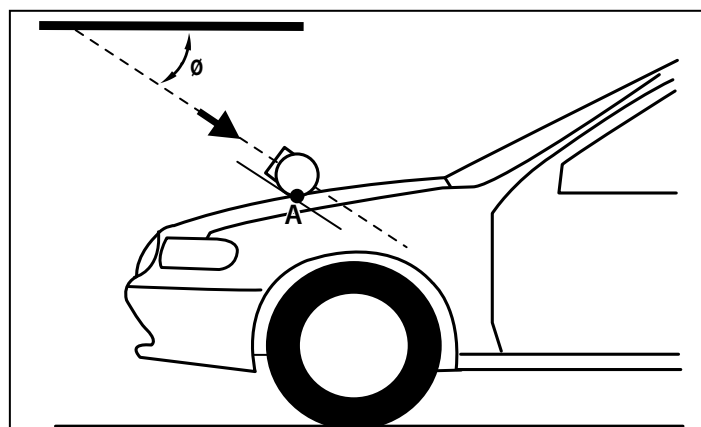
Para estudiar el daño en la cabeza se utilizan hormas de cabeza que representan la cabeza de un adulto y de un niño, las cuales están equipadas con acelerómetros para poder estimar el HIC. La prueba consiste en lanzar las hormas contra la capota del vehículo para evaluar dos tipos de áreas: las zonas donde el HIC no debe superar el valor de 1,000 y las zonas donde el HIC no debe superar el valor de 1,700, áreas que deben ser indicadas por el fabricante. En la Ilustración 4-116 se muestra un ejemplo de las zonas de HIC de 1,000 y de 1,700.

Ilustración 4-116. Ejemplo de la identificación de las zonas de HIC de 1,000 y 1,700 en la capota de un vehículo



"From regulation No. 127: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-117. Prueba de impacto de la cabeza contra la capota



"From regulation No. 127: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

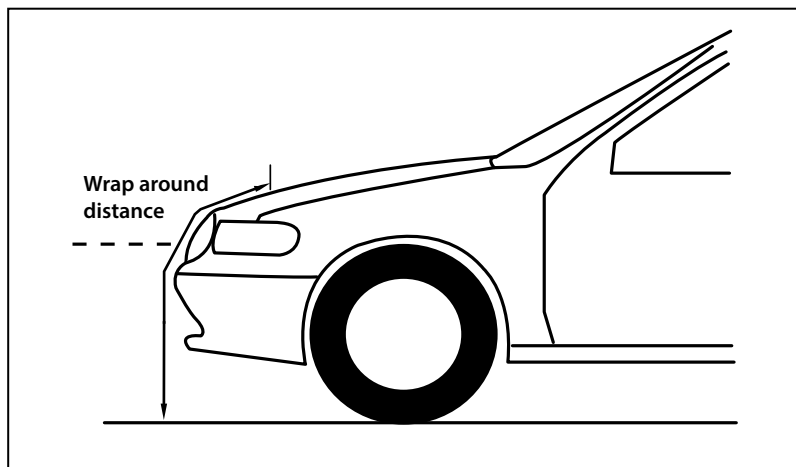
El impacto de las hormas debe darse a una velocidad de 9.7 m/s en la dirección indicada en la Ilustración 4-117. Cabe destacar que el ángulo de impacto varía según el tipo de horma de cabeza, ya que las hormas que representan la cabeza de un niño deben impactar a un ángulo de 50° con respecto al plano horizontal, mientras que el impacto de las hormas que representan las cabezas de los adultos debe impactar a una velocidad de 65° con respecto al plano horizontal y se debe procurar que la horma no contacte el pilar A antes de que colisione contra la capota.

Otro aspecto importante de las pruebas de impacto de la cabeza con la capota es que los impactos con las hormas de cabeza de niños y adultos se dan en diferentes regiones de la capota, para lo cual se debe definir la zona de impacto de la cabeza de los niños y la zona de impacto superior de la capota.

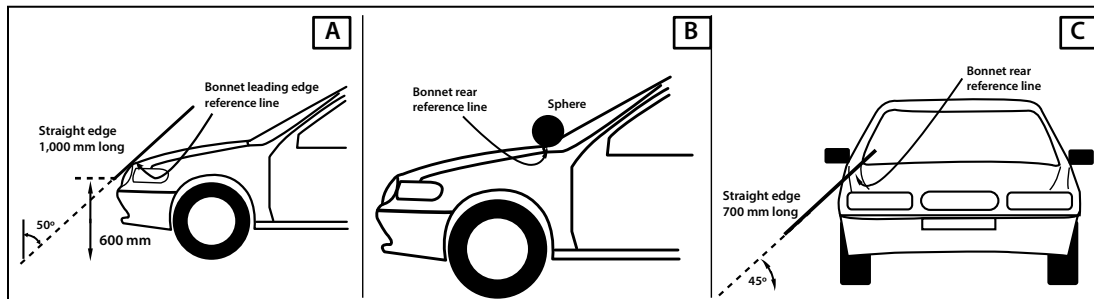
La zona de impacto de la cabeza de los niños se define a partir de tres puntos:

- A** La parte frontal de la zona está definida por la distancia más cercana a la parte trasera del vehículo que se obtiene al doblar una cinta flexible de 1,000 mm de distancia sobre la capota, cuyo extremo inferior está en contacto con el suelo (como lo indica la Ilustración 4-118), o que se obtiene al trazar una línea de 82.5 mm de distancia desde la línea de referencia delantera de la capota (ver Ilustración 4-119).
- B** La parte de atrás de la zona está definida por la distancia más cercana a la parte delantera del vehículo que se obtiene al doblar una cinta flexible de 1,700 mm de distancia sobre la capota, cuyo extremo inferior está en contacto con el suelo (como lo indica la Ilustración 4-118), o que se obtiene al trazar una línea a 82.5 mm de distancia desde la línea de referencia trasera de la capota (ver Ilustración 4-119).
- C** Los límites laterales están definidos por una línea que se extiende a una distancia de 82.5 mm desde la línea de referencia lateral de la capota (ver Ilustración 4-119).

Ilustración 4-118. Determinación de la zona de impacto de la cabeza de un niño sobre la capota



"From regulation No. 127: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Ilustración 4-119. Determinación de las líneas de referencia de la capota

La figura A muestra que la línea frontal de referencia de la capota se ubica en el punto de contacto de una barra de 1 m de distancia posicionada a un ángulo de 50° con respecto a la vertical, y cuyo límite inferior se encuentra a 600 mm de altura. La figura B indica cómo la línea de referencia trasera de la capota se ubica al encontrar los puntos más hacia atrás de la capota, que se obtienen al contactar una esfera de 165 mm de diámetro con la capota y la estructura frontal del vehículo. La figura C muestra que las líneas de referencia laterales de la capota se obtienen al colocar una barra de 700 mm de longitud en un ángulo de 45° con respecto al plano horizontal.

"Modified from regulation No. 127: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

De manera similar se establece el área de impacto superior de la capota, como se indica a continuación:

- A** La parte frontal de la zona está definida por la distancia más cercana a la parte trasera del vehículo que se obtiene al doblar una cinta flexible de 1,700 mm de distancia sobre la capota, cuyo extremo inferior está en contacto con el suelo (como lo indica la Ilustración 4-118), o que se obtiene al trazar una línea de 82.5 mm de distancia desde la línea de referencia delantera de la capota (ver Ilustración 4-119).
- B** La parte de atrás de la zona está definida por la distancia más cercana a la parte delantera del vehículo que se obtiene al doblar una cinta flexible de 2,100 mm de distancia sobre la capota, cuyo extremo inferior está en contacto con el suelo (como lo indica la Ilustración 4-118), o que se obtiene al trazar una línea a 82.5 mm de distancia desde la línea de referencia trasera de la capota (ver Ilustración 4-119).
- C** Los límites laterales están definidos por una línea que se extiende a una distancia de 82.5 mm desde la línea de referencia lateral de la capota (ver Ilustración 4-119).

Los criterios de aceptación de las pruebas se establecen en términos de las mediciones del HIC en las zonas de impacto de las hormas de las cabezas de niños y adultos, de manera que el HIC no debe superar el valor de 1,000 en más de 2/3 partes del área de impacto superior de la capota, ni debe sobrepasar más de 1,700 en el resto del área, cuando la prueba se realiza con la horma de cabeza de un adulto, pero si la capota solo tiene espacio para el área de impacto de la cabeza de un niño, se debe cumplir el mismo criterio pero haciendo la prueba con la horma correspondiente. Además, al evaluar solo el área de impacto de la cabeza de los niños con la horma de la cabeza de un niño, el HIC no debe exceder un valor de 1,000 en más de la mitad de dicha área y nunca debe sobrepasar 1,700.

ECE 130 (sistemas de advertencia de salida del carril)

Esta regulación se aplica a los sistemas de advertencia de salida del carril de los vehículos de las categorías M_2 , N_2 , M_3 y N_3 . Estos sistemas le envían una advertencia al conductor cuando ocurre un cambio no intencional en la dirección que provoca un cambio de carril, para lo cual el sistema ubica la posición del vehículo con respecto a las líneas de demarcación de las carreteras.

La señal de advertencia debe ser enviada por lo menos a través de una combinación de dos métodos: óptico, acústico o táctil; o por una señal acústica o táctil en conjunto con una indicación espacial del rumbo que está tomando el vehículo sin intención del conductor. Además, los sistemas deben contar con un indicador de mal funcionamiento que consta de una luz amarilla y pueden contar con un indicador que le da a conocer al conductor si el sistema está activado o desactivado (cuando el sistema está equipado con tal función), indicador que también debe constar de una señal amarilla, pero también se puede utilizar el indicador de mal funcionamiento para dicho propósito.

Para verificar que los sistemas de advertencia de salida del carril funcionan adecuadamente, se lleva a cabo una prueba en la que se conduce el vehículo a 65 km/h por el centro del carril y se gira la manivela a la derecha o a la izquierda gentilmente de manera que el vehículo se salga del carril a una velocidad comprendida entre los 0.1 m/s y 0.8 m/s. Luego se repite el ensayo a diversas velocidades comprendidas dentro del mismo rango mencionado y en la dirección opuesta.

El sistema cumplirá con lo requerido si le envía una señal de advertencia al conductor cuando la llanta de adelante que estaba más cerca de la línea de demarcación, cruza dicha línea y se aparta de ella más de 0.3 m.

Además de la prueba de funcionamiento, los sistemas de advertencia de salida del carril también son sometidos a una prueba de falla, prueba en la que se simula alguna falla del sistema, como una falla del suministro de energía por ejemplo. La intención de ese ensayo es corroborar que se encienda el indicador de mal.

Por último, esos sistemas también son sometidos a una prueba de desactivación con el fin de corroborar que la señal que indica si sistema está apagado o encendido funciona adecuadamente. Para ello simplemente se enciende el vehículo y se apaga el sistema de advertencia de salida del carril para corroborar que se encienda la señal que indica que el sistema está apagado; luego se apaga el vehículo y se vuelve a encender para verificar que no se enciende el indicador de que el sistema está apagado, lo que significa que el sistema se enciende automáticamente en cada ignición, lo cual es requerido.

ECE 131 (Sistemas de frenado de emergencia avanzados)

En esta regulación se especifican los requerimientos de los vehículos de las categorías M_2 , N_2 , M_3 y N_3 que están equipados con sistemas de frenado de emergencia avanzados (AEBS), los cuales ayudan a mitigar la severidad de las colisiones traseras. La función de esos sistemas es detectar de forma automática una colisión potencial y le envía una advertencia al conductor y activa el sistema de frenos para desacelerar el vehículo, pero esos sistemas no deben producir ninguna acción durante condiciones normales de operación, sino solo en el caso de las emergencias.

Cuando el sistema AEBS detecta la posibilidad de que se colisione contra un vehículo que se encuentra en el mismo carril, viajando a una velocidad menor, se ha detenido por completo o que estaba estacionario, el sistema debe enviarle unas señales de advertencia al conductor antes de activar los frenos automáticamente. Para ello el sistema debe utilizar dos tipos de señales: una acústica, una sonora y/o una táctil, señales que deben darle al conductor la posibilidad de reaccionar ante el riesgo y permitirle tomar el control, pero también tienen que evitar convertirse en una molestia para el conductor por brindar muchas señales innecesarias o por señales que se activan demasiado temprano. El sistema también debe indicarle al conductor cuando tiene algún defecto, lo cual debe hacerse por medio de una señal visual de color amarillo. Además, cuando el sistema puede ser activado o desactivado manualmente, él debe tener un indicador para darle a conocer al conductor cuando está apagado.

Para comprobar que los sistemas AEBS funcionan correctamente se les aplica una serie de pruebas, cuyo objetivo es determinar si se activan ante una eventual colisión contra un objeto estacionario y uno móvil, también se realizan pruebas para determinar si hay fallas en el sistema y de desactivación del sistema. Además se hace un ensayo para determinar que no se produzcan falsas reacciones del mismo.

Para evaluar la respuesta ante una eventual colisión contra un objeto estacionario se realiza un ensayo que consiste en conducir el vehículo en dirección a un vehículo de pasajeros que está estacionado. El vehículo equipado con el sistema AEBS debe alcanzar una velocidad de 80 km/h a la hora de entrar en la zona de prueba que abarca una distancia de 120 m hasta el obstáculo, y debe ser conducido en línea recta. Se considera que el sistema cumple con lo requerido si se activan dos alarmas de advertencia antes de que el sistema aplique los frenos. Los tiempos de encendido de las alarmas y la magnitud de reducción de la velocidad requerida se muestran en la Tabla 4-60.

En la prueba que simula una eventual colisión contra un objeto móvil, el objeto debe viajar frente al vehículo en línea recta y en la misma dirección. El objeto debe moverse a la velocidad indicada en la Tabla 4-60, mientras que el vehículo debe alcanzar una velocidad de 80 km/h cuando se ubica a 120 m del objeto. Los tiempos de activación de las alarmas deben coincidir con los valores indicados en la Tabla 4-60 y cualquier reducción de velocidad durante la etapa de advertencia no debe ser mayor que 15 km/h o 30% del total de reducción de velocidad del vehículo. Además, la fase de desaceleración del vehículo debe resultar en que éste nunca colisione contra el objeto y la etapa de aplicación de los frenos de emergencia no debe comenzar más de 3 segundos antes del tiempo para la colisión (tiempo que transcurriría antes de que el vehículo colisione contra el objeto).

Tabla 4-60. Requerimientos de desempeño de los sistemas AEBS

Tipo de vehículo	Reacción ante una eventual colisión contra un objeto			Reacción ante una eventual colisión contra un objeto móvil			
	Tiempo de activación de los modos de advertencia		Reducción de la velocidad	Tiempo de activación de los modos de advertencia		Propósito	Velocidad del objeto
	Al menos 1 modo	Al menos 2 modos		Al menos 1 modo	Al menos 2 modos		
$M_3, N_2 > 8 \text{ ton y } N_3$	No más de 1.4 s antes de que empiece la frase de frenado de emergencia	No más de 0.8 s antes de que empiece la frase de frenado de emergencia	No menos de 20 km/h	No más de 1.4 s antes de que empiece la fase de frenado de emergencia	No más de 0.8 s antes de que empiece la fase de frenado de emergencia	Que no se dé el impacto	12 km/h
$N_2 \leq 8 \text{ ton y } M_2$	No más de 0.8 s antes de que empiece la frase de frenado de emergencia	Antes de que comience la etapa de frenado de emergencia	No menos de 10 km/h	No más de 0.8 s antes de que empiece la fase de frenado de emergencia	Antes de que comience la etapa de frenado de emergencia	Que no se dé el impacto	67 km/h

"From regulation No. 131 amendment 1: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the Advanced Emergency Braking Systems (AEBS), (2014), by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En la prueba de indicación de fallas en el sistema, se simula una falla en el sistema eléctrico de los frenos AEBS. Entonces, una vez que el vehículo alcanza una velocidad superior a los 15 km/h, se debe activar una señal de advertencia. Además, esa señal debe permanecer después de volver a encenderlo.

También se verifica que la señal de advertencia de desactivación del sistema funcione correctamente. Para ello se enciende el vehículo y se desactivan los frenos AEBS. En ese momento se debe encender una señal de advertencia al conductor. Luego se apaga el vehículo y se le enciende nuevamente para determinar que los frenos AEBS se vuelvan a activar automáticamente una vez que se reenciende el vehículo, lo cual se puede apreciar porque la señal de desactivación debe estar apagada.

Por último se realiza una prueba de falsa reacción. En esta se colocan dos vehículos estacionarios, uno al lado del otro, separados una distancia de 4.5 m. Luego, a una distancia de 60 m, se comienza a conducir el vehículo de forma que pase en medio de los dos vehículos estacionarios a una velocidad de 50 km/h. Durante esta prueba el sistema AEBS no debe realizar ninguna acción de frenado.

ECE 134 (Vehículos impulsados por celdas de hidrógeno)

Esta regulación se aplica a los tanques de almacenamiento de hidrógeno, los componentes de los tanques y a los vehículos de las categorías M y N que poseen un sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido.

Tanques de hidrógeno comprimido

Los tanques para almacenamiento de hidrógeno comprimido deben tener una presión de trabajo nominal de 70 MPaG o menos y una vida útil máxima de 15 años. Ellos son sometidos a pruebas para determinar su desempeño base, pruebas de durabilidad, desempeño en carretera y comportamiento bajo fuego.

Desempeño base

Estas pruebas se utilizan para determinar ciertas características de los tanques que sirven como referencia para los requerimientos de otras pruebas. Entre esas características se encuentra la presión de estallido y la resistencia a los ciclos de presión.

La prueba de la presión de estallido es una prueba hidráulica en la que se utiliza un fluido no corrosivo para someter el tanque a una presión tal que haga que el tanque estalle. La presión de estallido debe ser por lo menos de 225% de la presión de trabajo nominal, pero si los tanques están hechos principalmente de fibra de vidrio, su presión de estallido debe ser como mínimo 350% de la presión de trabajo nominal.

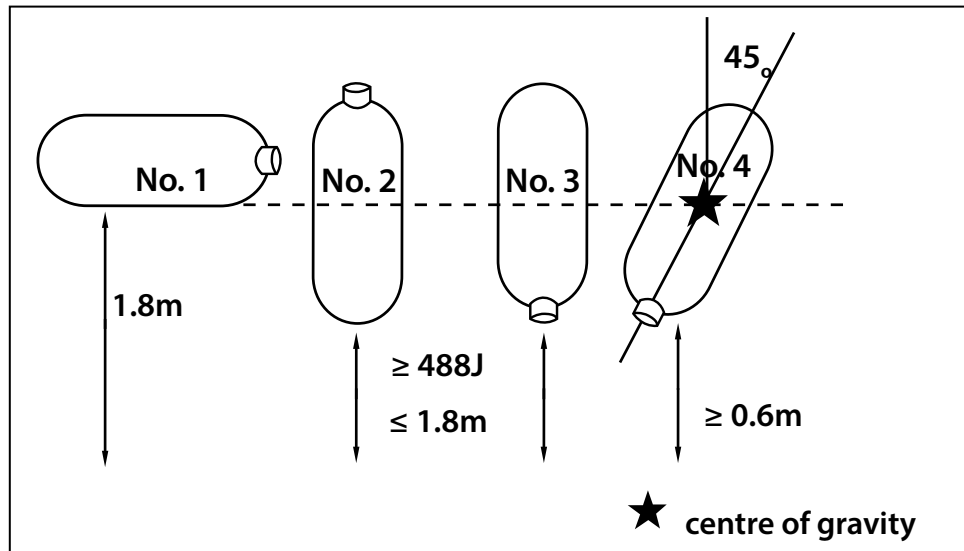
En el ensayo de resistencia a los ciclos de presurización se utiliza un fluido hidráulico para elevar la presión de los cilindros al 125% de la presión de trabajo nominal y se aplican ciclos de variaciones de la presión de ± 2 MPaG, a una tasa que no exceda los 10 ciclos/minuto. Los tanques deben poder soportar 22,000 ciclos sin romperse y no deben presentarse fugas antes de aplicarse los primeros 11,000 ciclos.

Pruebas de durabilidad

Para evaluar la durabilidad de los tanques se les somete a una serie de pruebas que consisten en ocho etapas: presión de prueba, caída, daños en la superficie, agentes químicos y condiciones ambientales, presión a alta temperatura, ciclos de presión a temperaturas extremas, presión residual hidráulica y resistencia residual al estallido. Al final de todas esas etapas no deben presentarse fugas.

Etapas 1 – presión de prueba: se eleva la presión hasta el 150% de la presión de trabajo nominal y se mantiene así por lo menos durante 30 segundos.

Ilustración 4-120. Prueba de la caída de los tanques de hidrógeno comprimido



"From regulation No. 134: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles and their components with regard to the safety-related performance of hydrogen fuelled vehicles (HFCV), © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Etapas 2 – caída: se despresuriza el tanque, se le remueven las válvulas y se le deja caer en diversas posiciones sobre una superficie horizontal de concreto plana, desde una altura de 1.8 m, o procurando obtener una energía de impacto mayor o igual a 488, según sea el caso, como lo muestra la Ilustración 4-120.

Etapas 3 – daños en la superficie: estando el tanque despresurizado se le producen ciertos tipos de daño superficial. Primero se coloca el tanque en posición horizontal y en la superficie de abajo se le hacen dos cortes longitudinales con una sierra, cerca del hombro del cilindro. El primer corte debe tener una profundidad de al menos 1.25 mm y una longitud de 25 mm, en dirección a la válvula del contenedor. El segundo debe tener una profundidad de al menos 0.75 mm y una longitud de 200 mm y estar orientado hacia el final del cilindro (opuesto a la válvula).

Luego se pre-condiciona el tanque a -40°C durante 12 horas y se le golpea en la parte superior del cilindro en cinco puntos diferentes, utilizando un péndulo con una punta piramidal. Los golpes no deben superponerse entre sí (de forma similar a lo indicado en la Ilustración 4-90) y cada golpe debe darse con una energía de 30 J.

Etapas 4 – agentes químicos y condiciones ambientales: cada una de las áreas golpeadas con el péndulo se somete a un agente químico durante 48 horas, mientras el contenedor se mantiene a una presión del 125% de la presión de trabajo nominal y 20°C . Los agentes químicos utilizados son los siguientes:

- A Ácido sulfúrico.
- B Hidróxido de sodio.
- C Mezcla de metanol y gasolina.
- D Nitrato de amonio.
- E Alcohol metilo.

Después de eso se podrían aplicar o no ciclos de presurización, dependiendo de la cantidad de tanques utilizados en la etapa 2. Si en la prueba de la caída de la etapa 2 se utilizó más de un cilindro, entonces los cilindros deben ser sometidos a ciclos de presurización en donde la presión varía en $\pm 2\text{MPa}$ a partir del 125% de la presión de trabajo nominal en el 60% de los ciclos indicados en la etapa 1, pero antes de realizar los últimos 10 ciclos, se limpian los agentes químicos y se continúan los ciclos a una presión del 150% de la presión nominal de trabajo, a una temperatura de 20 °C.

Etapla 5 – presión a alta temperatura: se presuriza el contenedor al 125% de la presión de trabajo nominal y se le mantiene así durante 1,000 horas.

Etapla 6 – ciclos de presión a temperaturas extremas: se someten los tanques al 20% de la cantidad de ciclos aplicada en la etapa 1, pero a una temperatura menor o igual que -40°C y a una presión del 80% de la presión nominal de trabajo, y el restante 20% se realiza a una presión del 125% de la presión nominal de trabajo y a una temperatura mayor o igual que 85°C.

Etapla 7 – presión residual hidráulica: se presuriza el tanque al 180% de la presión de trabajo nominal y se mantiene así por 4 minutos.

Etapla 8 – resistencia al estallido residual: se eleva la presión para verificar que la presión de estallido es de al menos el 80% de la presión de estallido base.

Pruebas de desempeño en carretera

Para evaluar el desempeño en carretera de los tanques se les somete a una serie de pruebas que consisten en cuatro etapas: presión de prueba, ciclos de presión a temperatura ambiente y a temperaturas extremas, presión residual hidráulica y resistencia residual al estallido. Al final de todas esas etapas no deben presentarse fugas.

Etapla 1 – presión de prueba (hidráulica): se eleva la presión hasta el 150% de la presión de trabajo nominal y se mantiene así por lo menos durante 30 segundos.

Etapla 2 – ciclos de presión a temperatura ambiente y a temperaturas extremas: en esta etapa se aplican 500 ciclos de presurización pero utilizando hidrógeno como fluido de trabajo. A continuación se describen las diversas partes de la prueba:

- A 25 ciclos al 80% de la presión de trabajo nominal y a una temperatura menor o igual que -40°C .
- B 25 ciclos al 125% de la presión de trabajo nominal y a una temperatura mayor o igual que 50°C y a un 95% de humedad relativa.
- C 200 ciclos al 125% de la presión de trabajo nominal y a una temperatura de 20°C .
- D Se realiza una prueba de fugas o permeabilidad a presión estática y temperaturas extremas en la que primero se llena el tanque con gas de hidrógeno a una presión del 115% de la presión de trabajo nominal a una temperatura mayor o igual a 55°C . Se mantiene así durante 30 horas y luego se mide el flujo de gas que se pierde por fugas o por filtración a través de las paredes del cilindro. La descarga máxima permitida es de 46 ml/h/l. Además, si la filtración es mayor que 0.005 mg/s, se realiza una prueba de fugas localizadas en la que se aplica algún fluido para identificar las fugas, con el fin de verificar que ninguna fuga localizada exceda los 0.005 mg/s.
- E 25 ciclos al 125% de la presión de trabajo nominal y a una temperatura mayor o igual que 50°C y una humedad relativa del 95%.
- F 25 ciclos al 80% de la presión de trabajo nominal y a una temperatura menor o igual que -40°C .
- G 200 ciclos al 125% de la presión de trabajo nominal y a una temperatura de 20°C .

Etap 4 – presión residual hidráulica: se presuriza el tanque al 180% de la presión de trabajo nominal y se mantiene así por 4 minutos.

Etap 5 – resistencia al estallido residual: se eleva la presión para verificar que la presión de estallido sea de al menos el 80% de la presión de estallido base.

Comportamiento bajo fuego

Para evaluar el comportamiento bajo fuego se llenan los tanques con hidrógeno comprimido al 100% de la presión de trabajo nominal y se coloca el tanque horizontalmente a 100 mm sobre la fuente de fuego, o se coloca ahí la parte del tanque más vulnerable si de antemano se la había identificado de acuerdo con la instalación específica en el vehículo.

El tanque se somete al fuego procurando que su temperatura alcance entre 800°C y $1,100^{\circ}\text{C}$ y se mantiene dentro de ese rango de temperatura hasta que se abra el dispositivo de regulación de la presión, hasta que la presión disminuye a menos de 1 MPag.

El objetivo del estudio es determinar si la liberación de la presión se da de forma continua y el tanque no falla por ruptura.

Componentes de los tanques de hidrógeno comprimido

Los dispositivos de alivio de la presión, las válvulas de retención y las válvulas de retención de emergencia (shut-off) deben ser sometidos a varios ensayos para demostrar que funcionan correctamente.

Los dispositivos de alivio de la presión deben ser sometidos a las siguientes pruebas:

Prueba de los ciclos de presión

Se someten los dispositivos a 11,000 ciclos de presurización utilizando hidrógeno gaseoso, en los que la presión varía en ± 2 MPag, siguiendo las etapas mostradas en la Tabla 4-61.

Tabla 4-61. Ciclos de prueba de los dispositivos de regulación de la presión de los tanques de hidrógeno

Etapas	Número de ciclos	Presión	Temperatura (°C)
1	5	150% de la presión nominal ± 2 MPa	85
2	1,495	125% de la presión nominal ± 2 MPa	85
3	9,500	125% de la presión nominal ± 2 MPa	55

Elaboración propia. Información obtenida de la regulación vehicular N° 134 de la ECE.

Después de esos ciclos de presurización los dispositivos de alivio de la presión deben cumplir con los requerimientos de las pruebas de fugas, tasa de flujo y activación en banco de pruebas.

Prueba de la vida acelerada

En este ensayo se someten a prueba ocho dispositivos de alivio de la presión, tres de ellos a la temperatura de activación (T_{act}) y cinco de ellos a la temperatura de vida ($T_{vida} = 9.1 \cdot T_{act}^{0.503}$). Para ello se colocan los dispositivos en un horno o en un baño en donde se puede mantener la temperatura constante, mientras se aplica una presión de 125% de la presión de trabajo nominal.

Los dispositivos de alivio de presión que se encuentran a la temperatura de activación deben activarse en menos de 10 horas, mientras que los que se encuentran a la temperatura de vida deben activarse en un tiempo mayor o igual a 500 horas.

Prueba de ciclos de temperatura

En esta prueba se someten los dispositivos de alivio de la presión a 15 ciclos térmicos que consisten en las siguientes etapas:

1. Se colocan los dispositivos de alivio de la presión en un baño a una temperatura menor o igual a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas por lo menos.
2. Se colocan los dispositivos de alivio de la presión en un baño a una temperatura mayor o igual a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas por lo menos.

Se repiten las etapas 1 y 2 consecutivamente cinco veces y después de calentar los dispositivos por décima quinta vez, se vuelven a enfriar a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se mantienen a esa temperatura durante 2 horas, mientras se aplican 100 ciclos de presurización en donde la presión varía en $\pm 2\text{ MPag}$ a partir del 80% de la presión nominal de trabajo.

Después de los ciclos de temperatura los dispositivos de alivio de la presión deben cumplir con los requerimientos de las pruebas de fugas, tasa de flujo y activación en banco de pruebas.

Prueba de la corrosión

Se rocían los componentes con una solución salina durante 500 horas, manteniendo la temperatura entre $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al finalizar la prueba los dispositivos deben cumplir con los requerimientos de las pruebas de fugas, tasa de flujo y activación en banco de pruebas.

Prueba del ambiente vehicular

Esta prueba se lleva a cabo para determinar la resistencia a la degradación a causa de la exposición externa a fluidos del vehículo. Para ello se expone la superficie externa de los dispositivos de alivio de la presión, durante 24 horas y a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, a las siguientes sustancias:

- Ácido sulfúrico.
- Hidróxido de sodio.
- Nitrato de amonio.
- Fluido limpiaparabrisas.

Después de limpiar los dispositivos de alivio de la presión, el dispositivo no debe mostrar signos de deterioro que pueda afectar su funcionamiento, especialmente: agrietamiento, suavizamiento o hinchamiento. Además, debe cumplir con los requerimientos de las pruebas de fugas, tasa de flujo y activación en banco de pruebas.

Agrietamiento por estrés producto de la corrosión

Esta prueba se realiza en los dispositivos que están hechos de aleaciones de cobre. Ella consiste en someterlos a una atmósfera hecha de una combinación de aire con amoníaco, a una temperatura de 35 °C durante 10 días. Al finalizar no debe presentarse agrietamiento ni delaminación.

Prueba de la caída y vibraciones

Se dejan caer dispositivos de alivio de presión desde una altura de 2 m sobre una superficie de concreto lisa. Si los dispositivos resisten la caída sin sufrir daño, entonces se someten a la prueba de vibraciones, pero si sufren daños entonces se considera que no cumplen con lo requerido.

Luego se montan los dispositivos en una máquina para someterlos a vibraciones en los ejes X-Y y Z, a las frecuencias de resonancia más severas, durante 30 minutos. Al finalizar la prueba los dispositivos no deben mostrar daños que puedan afectar su desempeño y deben cumplir con los requerimientos de las pruebas de fugas, tasa de flujo y activación en banco de pruebas.

Prueba de fugas

A esta prueba se someten tanto algunos dispositivos de alivio de presión sin haber sido sometidos a prueba, como algunos otros que sí fueron sometidos a diversos ensayos.

El ensayo consiste en someter a tres condiciones de prueba distintas durante 1 hora, sumergiendo los dispositivos en un líquido cuya temperatura se mantiene controlada, como se indica a continuación:

1. 20 °C al 5 % de la presión de trabajo nominal y al 150 % de la presión de trabajo nominal.
2. 85 °C al 5 % de la presión de trabajo nominal y al 150 % de la presión de trabajo nominal.
3. -40 °C al 5 % de la presión de trabajo nominal y al 150 % de la presión de trabajo nominal.

Si no se observan burbujas en el periodo de prueba, los dispositivos cumplen con lo requerido. Si se observan burbujas, el flujo de hidrógeno debe ser menor a 10 Nml/h.

Ensayo de activación en banco de pruebas

En este ensayo se prueban dos dispositivos de alivio de presión que no habían sido sometidos a ningún ensayo (dispositivos de alivio de presión nuevos), para establecer una línea basal y poder comparar el tiempo de activación con los dispositivos que sí fueron previamente sometidos a otros ensayos.

La prueba consiste en colocar en una chimenea los dispositivos, sin colocarlos directamente en el fuego, para someterlos a un flujo de aire a 600 °C. Una de las muestras nuevas es sometida

al 100 % de la presión de trabajo nominal, mientras que todos los demás (nuevos o no) son sometidos al 25 % de la presión de trabajo nominal.

La diferencia entre el tiempo de activación de los dispositivos de alivio de la presión nuevos y de los que fueron previamente sometidos a ensayos no debe ser mayor a 2 minutos.

Prueba de la tasa de flujo

Se someten a prueba tres dispositivos de alivio de presión nuevos y cinco que fueron sometidos a diversas pruebas. El ensayo consiste en hacer fluir hidrógeno a través de los dispositivos, procurando que la presión en la entrada sea de 2 MPa y a la salida sea la presión atmosférica, y se mide el flujo.

La medición del flujo más pequeña entre las ocho muestras no debe ser menor que el 90 % del valor más alto medido.

Por su parte las válvulas de retención y las válvulas de cierre de emergencia son sometidas a otras pruebas, en las que se utiliza como fluido de prueba el hidrógeno, y los ensayos se realizan a 20 °C, a menos que se especifique algo distinto. A continuación se describen los diversos ensayos:

Resistencia hidrostática

En esta prueba primero se somete a ensayo una válvula que no va a ser sometida a las demás pruebas, para establecer un parámetro de referencia.

Primero se aplica una presión del 250 % de la presión de trabajo nominal durante 2 minutos y se verifica que no haya daños en la válvula. Luego se aumenta la presión a una tasa de 1.4 MPa/s hasta que la válvula estalla y se toma nota de esa presión.

Posteriormente se someten a prueba de presión de estallido las válvulas que habían sido sometidas a otros ensayos. Éstas no deben fallar a una presión menor al 80 % de la presión de estallido de la válvula nueva, a menos que dicha presión sea del 400 % de la presión de trabajo nominal.

Prueba de fugas

A esta prueba se someten tanto válvulas sin haber sido sometidos a prueba, como algunas otras que fueron sometidas a diversos ensayos.

La prueba consiste en aplicar tres condiciones de temperatura distintas durante 1 hora, sumergiendo las válvulas en un líquido cuya temperatura se mantiene controlada a:

1. 20 °C al 5 % de la presión de trabajo nominal y al 150 % de la presión de trabajo nominal.

2. 85 °C al 5 % de la presión de trabajo nominal y al 150 % de la presión de trabajo nominal.
3. -40 °C al 5 % de la presión de trabajo nominal y al 150 % de la presión de trabajo nominal.

Si no se observan burbujas en el periodo de prueba, las válvulas cumplen con lo requerido. Si se observan burbujas, el flujo de hidrógeno debe ser menor a 10 Nml/h.

Prueba de los ciclos de presión a temperaturas extremas

En esta prueba se someten las válvulas de retención a 11,000 ciclos y a las válvulas de cierre de emergencia a 50,000 ciclos, utilizando hidrógeno gaseoso como fluido de prueba.

Los ciclos operacionales dependen del tipo de válvula y consisten en una operación total y el reinicio de la misma y se llevan a cabo de la siguiente manera:

Válvulas de retención: se somete la válvula al 100% de la presión de trabajo nominal ± 2 MPag, suministrando seis pulsos a la entrada de la válvula mientras se mantiene la salida cerrada. Luego se libera la presión a través de la salida hasta que ésta se reduce al 60% de la presión de trabajo nominal antes de iniciar el siguiente ciclo.

Válvula de cierre de emergencia: se aplica la presión continuamente a la entrada y a la salida de la válvula.

Una vez definidos los ciclos operacionales, se aplican los ciclos de presión a temperaturas extremas y después de cada una de esas pruebas las válvulas deben cumplir con los requisitos de las pruebas de fugas respectivas (a temperatura ambiente, a alta temperatura o a baja temperatura según sea el caso). Los ciclos de presión a temperaturas extremas se llevan a cabo de la siguiente manera:

- A Ciclos a temperatura ambiente:** el 90% de los ciclos de prueba consisten en someter las válvulas a ciclos operacionales al 125% de la presión de trabajo nominal ± 2 MPag, a una temperatura de 20 °C.
- B Ciclos a temperatura alta:** el 5% de los ciclos de prueba consisten en someter las válvulas a ciclos operacionales al 125% de la presión de trabajo nominal ± 2 MPag, a una temperatura de 85 °C.
- C Ciclos a temperatura baja:** el 5% de los ciclos de prueba consisten en someter las válvulas a ciclos operacionales al 100% de la presión de trabajo nominal ± 2 MPag, a una temperatura de -40 °C.

Además, las válvulas de retención son sometidas a una prueba de flujo ruidoso que se lleva a cabo después de los 11,000 ciclos operacionales y de las pruebas de fugas. En esta prueba se aplica el flujo que produzca más ruido a las válvulas de retención durante 24 horas. Al finalizar ese periodo, las válvulas deben cumplir con los requerimientos de las pruebas de fugas a temperatura ambiente y de resistencia hidrostática.

Resistencia a la corrosión salina

Se someten los componentes a una niebla salina durante 500 horas, a temperaturas que rondan entre los 30 °C y 35°C. Después se limpian las válvulas y se les revisa para determinar que no presenten signos de deterioro físico que puedan afectar su desempeño, como por ejemplo: grietas, hinchamiento o pérdida de dureza. Además, deben cumplir con las pruebas de fugas a temperatura ambiente y de resistencia hidrostática.

Resistencia al ambiente vehicular

La prueba consiste en determinar si las válvulas pueden resistir al deterioro producido por algunos fluidos de los vehículos. Para determinar eso se somete la superficie de las válvulas a los siguientes fluidos:

- Ⓐ Ácido sulfúrico.
- Ⓑ Hidróxido de sodio.
- Ⓒ Nitrato de amonio.
- Ⓓ Líquido limpiaparabrisas.

Después de limpiar las válvulas se les examina para determinar que no hayan grietas, hinchamiento o pérdida de dureza. Además, después de la exposición a esos fluidos las válvulas deben cumplir con las pruebas de fugas a temperatura ambiente y de resistencia hidrostática.

Prueba de exposición atmosférica

Esta prueba se realiza en las válvulas que poseen materiales no metálicos expuestos a condiciones atmosféricas.

Una de las evaluaciones consiste en exponer a oxígeno durante 96 horas, a 70°C y una presión de 2 MPag, los empaques que están expuestos a la atmósfera. Al final no deben agrietarse ni presentar signos de deterioro físico.

La otra evaluación se realiza para determinar si los elastómeros son resistentes al ozono. Para ello se puede aplicar el procedimiento estipulado en las normas ISO 1431/1, ASTM D1149, o algún método equivalente.

Por ejemplo, según la norma ISO 1431/1 los componentes se someten a una prueba de resistencia estática, dinámica o alternada (cargas estáticas y dinámicas), dentro de una cámara en la que se mantiene una atmósfera con una concentración de ozono fija. Mientras se realizan las pruebas, se examinan las muestras para determinar si se han agrietado. Cabe destacar que los criterios de aceptación o rechazo pueden variar pero consisten en determinar la presencia de grietas después de cierto periodo de tiempo, el tiempo al que aparecen las grietas o la resistencia última del material dentro de cierto periodo de tiempo específico.

Pruebas eléctrica

Estas pruebas se realizan en ciertas válvulas de cierre de emergencia. Ellas consisten en evaluar el comportamiento ante voltajes anormales y la resistencia del aislamiento eléctrico.

Para estudiar el comportamiento ante voltajes anormales se conecta la válvula de solenoide a una fuente de corriente directa que permita variar al voltaje. Luego se opera la válvula bajo las siguientes condiciones:

- A** 1 hora aplicando un voltaje 1.5 veces mayor al voltaje nominal.
- B** Se aumenta el voltaje a una magnitud dos veces mayor al voltaje nominal o a 60 V (lo que sea menor) y se mantiene así por 1 minuto.

Cualquier falla de la válvula no debe resultar en la generación de fugas ni su apertura y no debe producir condiciones inseguras como humo, fuego o derretimiento. Además, el voltaje mínimo de operación a la presión de trabajo nominal y a temperatura ambiente no debe ser menor a 9 V para un sistema de 12 V, ni 18 V para un sistema de 24 V.

Para evaluar la resistencia del aislamiento se aplican 1,000 V de corriente directa entre el conductor de la fuente de corriente y la carcasa de la válvula durante 2 segundos y se mide la resistencia eléctrica, la cual debe ser por lo menos de 240 k Ω .

Prueba de vibraciones

Utilizando hidrógeno se aplica el 100% de la presión de trabajo nominal aplicando hidrógeno y se someten las válvulas a vibraciones en los ejes X-Y y Z, a las frecuencias de resonancia más severas durante 30 minutos. Al finalizar la prueba las válvulas no deben mostrar daños que puedan afectar su desempeño y deben cumplir con los requerimientos de la prueba de fuga a temperatura ambiente.

Prueba del agrietamiento por corrosión

Este ensayo se realiza en los componentes hechos de alguna aleación a base de cobre. Consiste en rociar con una mezcla de amoníaco y aire en las válvulas durante 10 días, mientras que se mantiene la parte de abajo de la válvula sumergida en amoníaco, con una gravedad específica de 0.94, manteniendo la temperatura ambiente en 35°C.

Al finalizar el periodo de exposición, los componentes hechos de cobre no deben presentar grietas ni delaminación.

Exposición a hidrógeno pre-enfriado

Manteniendo la temperatura ambiente a 20 °C, se hace fluir hidrógeno gaseoso a -40 °C dentro de la válvula una tasa de 30 g/s durante al menos 3 minutos. Luego se despresuriza la válvula

y se vuela a presurizar 2 minutos después, proceso que se repite 10 veces. Posteriormente se vuelve a hacer el mismo proceso, pero aplicando un tiempo de espera de 15 minutos antes de volver a presurizar la válvula. Una vez finalizados los ciclos de prueba, la válvula debe ser capaz de cumplir con los requerimientos de la prueba de fugas a temperatura ambiente.

Vehículos equipados con sistemas de hidrógeno comprimido

Los vehículos equipados con sistemas de hidrógeno comprimido como sistema de propulsión son sometidos a pruebas de fugas después de colisiones, concentración de hidrógeno en lugares cerrados después de las colisiones, condiciones de fallas simples y de sistemas de escape. Cabe destacar que para realizar estas pruebas se pueden llenar los tanques con hidrógeno o helio.

Fugas y concentración de hidrógeno en compartimientos cerrados después de colisiones

Para hacer las pruebas de fugas después de las colisiones primero se someten los vehículos a los ensayos de colisiones frontales estipuladas en las regulaciones ECE 12 o ECE 94, y de colisiones laterales ECE 95. Luego se procede a determinar el flujo de las fugas y el nivel de concentración de hidrógeno en el aire.

Al finalizar, las fugas de hidrógeno que se produzcan no deben superar los 118 NL⁴⁶ /minuto, durante el periodo de tiempo de medición.

Además la concentración de hidrógeno no debe superar el 4.0 % del volumen aire del compartimiento de pasajeros y de la cajuela (o 3% en el caso del helio), para un tiempo de 60 minutos después del choque. También, la válvula de cierre de emergencia debe activarse en los siguientes 5 segundos después de las colisiones.

Condiciones de falla simples

Estas pruebas se realizan para evaluar el funcionamiento de los detectores de fugas y la integridad de los compartimientos.

Para evaluar el funcionamiento de los detectores de fugas se sopla hidrógeno gaseoso sobre el detector, con el fin de determinar si se activa el sistema de advertencia adecuadamente y para verificar que se active la válvula de cierre de emergencia.

La integridad de los compartimientos se prueba al medir la concentración de hidrógeno en ellos, para lo cual se simulan fugas de manera que se recreen los peores escenarios y se mide la concentración de hidrógeno. Cualquier fuga que se produzca después de la válvula de cierre de emergencia no debe producir una concentración de hidrógeno mayor que 1.0 % dentro del compartimiento de pasajeros.

⁴⁶NL significa litros normales, que es el cálculo del volumen del gas a las condiciones normales del aire (temperatura igual a 0 °C y una presión de una atmósfera).

No obstante, si durante la operación se produce un fallo que produzca una concentración de hidrógeno de 3 % dentro del compartimiento de pasajeros, se debe encender la señal de advertencia automáticamente. Además, si la concentración llega a 4 %, se debe activar la válvula de cierre de emergencia.

Sistema de escape de gases

La prueba se realiza para determinar las concentraciones de hidrógeno a la salida del sistema de escape. El dispositivo de medición se debe colocar en el centro de la línea de escape, a una distancia no mayor a 100 mm y se realiza la medición continuamente durante las siguientes etapas:

- A Apagado del sistema de energía (celdas de combustible, motor u otros).
- B Al encender el sistema de energía inmediatamente después de que se completó el proceso de apagado.
- C Un minuto después de haberlo encendido, se vuelve a apagar y se continúa midiendo hasta que el proceso de apagado se haya completado.

La concentración de hidrógeno no debe superar el 4% del volumen de los gases de escape en cualquier intervalo de 3 segundos durante la operación. Además, en ningún momento debe superar en 8 %.

Por último, los vehículos también son revisados para corroborar que no hayan fugas en las uniones de la línea de hidrógeno, para lo cual se hace una evaluación utilizando un detector de fugas o un líquido revelador de fugas.

ECE 135 (Desempeño de los vehículos ante colisiones laterales contra postes)

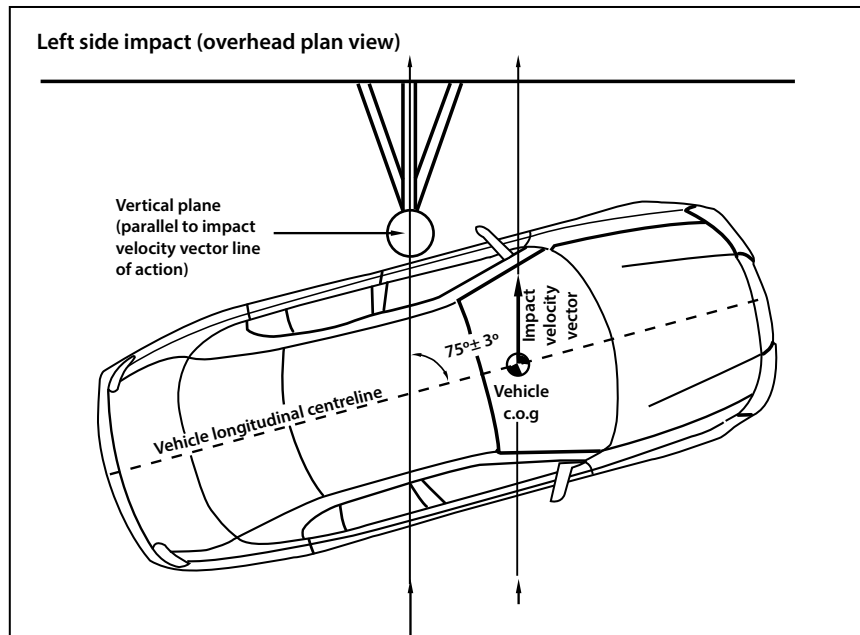
Esta norma establece los requerimientos de resistencia ante impactos laterales contra postes, de los vehículos de las categorías M_1 y algunos de los vehículos de la categoría N_1 .

Para determinar la resistencia a tales impactos, los vehículos se equipan con un maniquí antropomórfico que representa el percentil 50 de los hombres adultos. Luego se impulsa el vehículo contra el poste de manera que se produzca un impacto a 75°, como lo indica la Ilustración 4-121. El impacto debe darse en el lado del conductor o del copiloto, procurando que éste ocurra en el lado menos favorable, con el fin de evaluar el peor escenario.

Antes del impacto contra el poste, la aceleración del vehículo no debe exceder 1.5 m/s² y al momento del impacto su velocidad debe ser de 32 km/h, pero en los vehículos cuyo ancho es menor o igual a 1.5 m, la velocidad de impacto de ser cercana a los 26 km/h.

Los criterios de cumplimiento se establecen en términos de algunos parámetros de tolerancia biomecánica, de la integridad de los cerrojos y bisagras de las puertas y de la integridad del sistema de combustible.

Ilustración 4-121. Prueba de impacto lateral contra un poste.



"From regulation No. 135: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their Pole Side Impact performance (PSI), © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los parámetros de aceptación biomecánica con que deben cumplir los vehículos son:

- $HIC_{36} < 1,000$.
- Criterio de desempeño del hombro: la fuerza lateral pico transmitida al hombro no debe exceder 3 kN.
- Criterio de desempeño del tórax: la máxima deflexión de alguna de las costillas del tórax no debe ser mayor a 55 mm.
- Criterios de desempeño del abdomen:
 - o La máxima deflexión de alguna de las costillas del abdomen no debe ser mayor a 65 mm.
 - o La aceleración resultante de la parte baja de la espina dorsal no debe superar los 75 G, excepto en intervalos cuya duración acumulada no es mayor a 3 ms.
- Criterio de desempeño de la pelvis: la fuerza pico transmitida a la sínfisis púbica no debe exceder 3.36 kN.

Los criterios de cumplimiento asociados a la integridad de los cerrojos y las bisagras de las puertas establecen que las puertas impactadas no deben separarse totalmente del vehículo, mientras que las puertas no impactadas deben cumplir con lo siguiente:

- Permanecer cerradas.
- El pestillo de la cerradura no debe separarse de la cavidad donde se inserta.
- Los componentes de las bisagras no se deben separar entre sí ni separarse de su anclaje al vehículo.
- Los cerrojos y las bisagras no deben salirse de sus anclajes a los vehículos.

Por último, los criterios de aceptación asociados a la integridad del sistema de combustible se establecen en función del tipo de combustible, ya sea este un combustible con un punto de ebullición mayor a 0°C o hidrógeno comprimido.

Los vehículos que utilizan algún combustible cuyo punto de ebullición es mayor a 0 °C no deben presentar fugas mayores a 142 g 5 minutos después de darse el impacto, ni deben perder más de 28 g de combustible cada 5 minutos, medidos durante media hora después de ocurrir la colisión.

En el caso de los vehículos impulsados por hidrógeno, después del impacto las fugas no deben exceder los 118 NL⁴⁶ /minuto, para el intervalo de medición que puede ser mayor o igual a 60 minutos. Además, 60 minutos después de la colisión la concentración de hidrógeno no debe exceder en un 4.0 %, o la concentración de helio no debe superar un 3.0 % (si la prueba se realizara con helio), del volumen de aire de los compartimientos de pasajeros y de la cajuela, y el o los tanques deben permanecer adheridos al vehículo en al menos uno de los puntos de sujeción.

4.2 Requerimientos de protección ambiental establecidos por UNECE

ECE 9 (Nivel de ruido de los vehículos categorías L_2 , L_4 y L_5 ⁴⁷)

Este estándar establece que los vehículos nuevos y cuyo sistema de silenciamiento está nuevo, no deben emitir un nivel de ruido superior a 80 dB(A) para las categorías L_4 y L_5 , ni mayor a 70 dB(A) para la categoría L_5 cuando están en movimiento.

Para determinar los niveles de ruido la regulación europea realiza dos tipos de ensayos, uno con el vehículo en movimiento y el otro con el vehículo estático. El ensayo dinámico se lleva a cabo en una pista de pruebas especialmente diseñada para que las llantas no produzcan mucho ruido, y que además está aislada del ruido externo. En la prueba el vehículo se debe acercar a la zona de medición a una velocidad constante.

⁴⁶ NL significa litros normales, que es el cálculo del volumen del gas a las condiciones normales del aire (temperatura igual a 0 °C y una presión de una atmósfera).

⁴⁷ Ver Anexo G.

Las pruebas estáticas se realizan colocando el vehículo en un área cuya superficie está hecha de materiales tales como asfalto y concreto, ya que este tipo de superficies son altamente reflectivas. Luego, el motor de los vehículos se pone a funcionar a velocidad constante para poder llevar a cabo las mediciones.

La norma europea también regula que los silenciadores de los vehículos estén hechos con materiales adecuados. A pesar de que un vehículo tenga incorporado en su sistema de escape un silenciador, este debe cumplir con los niveles de ruido permitidos que se indicaron anteriormente, aún cuando al silenciador se le extrajo el material fibroso. La norma europea no permite que el material fibroso de los silenciadores posea asbesto y exige que dicho material no presente reducciones en el valor promedio de la longitud, del diámetro o de la densidad, cuando es calentado durante 4 horas a una temperatura de 650°C, entre otros requerimientos.

ECE 24 (Contaminantes visibles emitidos por los motores de encendido por compresión)

Esta regulación se aplica a las emisiones visibles emitidas desde la mufla de los motores de encendido por compresión.

A fin de determinar si los motores de encendido por compresión cumplen con los requerimientos de emisión de contaminantes visibles, se mide la opacidad de los gases que salen por la mufla con base en el coeficiente de absorción de la luz, mediciones que se realizan cuando el dispositivo de encendido en frío está activado y cuando el motor está trabajando bajo aceleración libre.

Cuando los dispositivos de encendido en frío están activados, las pruebas se realizan a diferentes velocidades constantes sobre la curva característica del motor a máxima capacidad. Los valores requeridos se establecen en función del flujo de combustible que se necesita para mantener el motor trabajando bajo tales condiciones, pero también se fijan para combustibles con ciertas características específicas, no para cualquier tipo de combustible. Entonces, la emisión de contaminantes debe estar dentro de los límites mostrados en el anexo H, para que se considere que el funcionamiento es satisfactorio.

Para medir la emisión de contaminantes visibles en aceleración libre, también se mide la opacidad de los gases, pero en este caso la prueba se lleva a cabo con el motor trabajando a velocidad máxima y potencia máxima. Para que los motores cumplan con lo requerido, la emisión de contaminantes también debe estar dentro de los límites mostrados en el anexo H.

ECE 40 (Emisión de contaminantes de las motocicletas)

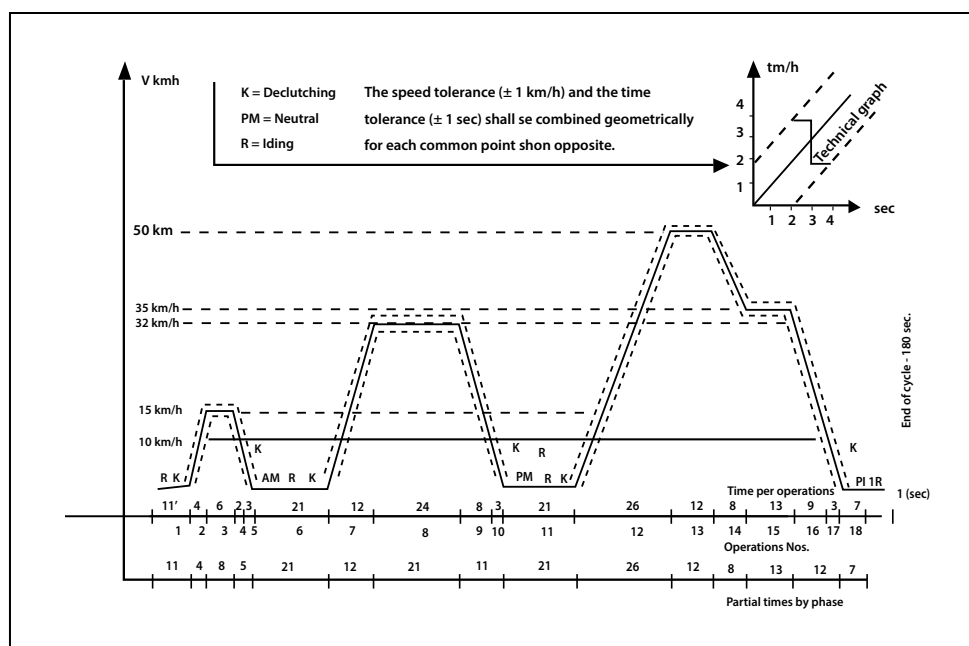
Esta regulación se aplica a la emisión de contaminantes de los vehículos de las categorías L₃, L₄ y L₅.

Para corroborar que estos vehículos cumplen con los límites de las emisiones de contaminantes se llevan a cabo dos tipos de pruebas. La primera prueba consiste en medir los contaminantes emitidos cuando los vehículos se encuentran en un área urbana congestionada y la segunda consiste en medirlos cuando el motor está girando a la velocidad de ralentí.

Para llevar a cabo la prueba de la emisión de contaminantes en un área urbana congestionada, se coloca el vehículo en un banco de pruebas que posee un dinamómetro. Entonces se hace funcionar el motor de acuerdo al ciclo mostrado en la Ilustración 4-122, de forma que se simule la conducción en un área con las características mencionadas anteriormente.

Al final de la prueba las mediciones de los gases emitidos no deben superar los valores mostrados en las tablas 4-62 y 4-63.

Ilustración 4-122. Ciclo utilizado para la prueba de emisión de contaminantes de las motocicletas.



En esta figura se muestran las diferentes velocidades a las que se prueban los motores de las motocicletas, junto con el tiempo que debe durar el motor girando a cada velocidad, de forma que se busca imitar las condiciones de conducción de las motocicletas en un área urbana congestionada.

"From regulation No. 40: Uniform provisions concerning the approval of motor cycles equipped with a positive ignition engine with regard to the emission of gaseous pollutants by the engine, © 1979, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

En la segunda prueba simplemente se coloca la marcha de los vehículos en la posición neutral, para luego llevar a cabo las mediciones de contaminantes. Entonces, si el volumen del monóxido de carbono emitido no supera 4.5% del volumen total, los vehículos cumplirán con lo requerido.

Tabla 4-62. Límites máximos permitidos de los gases emitidos para las motocicletas con motores de 2 tiempos

Gas emitido	Peso de referencia	*Homologación (g/km)	**Conformidad de producción (g/km)
Monóxido de carbono (CO)	$R < 100 \text{ kg}$	CO=12.8	CO=16
	$100 \text{ kg} \leq R \leq 300 \text{ kg}$	$CO = 12.8 + 19.2 \left(\frac{R - 100}{200} \right)$	$CO = 16 + 24 \cdot \left(\frac{R - 100}{200} \right)$
	$R > 300 \text{ kg}$	CO = 32	CO = 40
Hidrocarburos no quemados	$R < 100 \text{ kg}$	HC = 8	$HC = 10.4 \frac{\text{g}}{\text{km}}$
	$100 \text{ kg} \leq R \leq 300 \text{ kg}$	$HC = 8 + 4 \cdot \left(\frac{R - 100}{200} \right)$	$HC = 10.4 + 16.4 \cdot \left(\frac{R - 100}{200} \right)$
	$R > 300 \text{ kg}$	HC = 12	HC = 16.8

R es el peso de referencia del vehículo, el cual es el peso de los vehículos descargados pero con el tanque lleno.

*Los valores requeridos en la homologación son los valores límites de emisiones que deben cumplir los vehículos para ser vendidos en algunos de los países de las Naciones Unidas.

**La conformidad de producción se aplica a los vehículos en masa.

"Modified from regulation No. 40 amendment 1: Uniform provisions concerning the approval of motor cycles equipped with a positive -ignition engine with regard to the emission of gaseous pollutants by the engine, © 1988, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-63. Límites máximos permitidos de los gases emitidos para las motocicletas con motores de 4 tiempos

Gas emitido	Peso de referencia	*Homologación (g/km)	**Conformidad de producción (g/km)
Monóxido de carbono (CO)	$R < 100 \text{ kg}$	CO = 17.5	CO = 21
	$100 \text{ kg} \leq R \leq 300 \text{ kg}$	$CO = 17.5 + 17.5 \left(\frac{R - 100}{200} \right)$	$CO = 21 + 21 \cdot \left(\frac{R - 100}{200} \right)$
	$R > 300 \text{ kg}$	CO = 35	CO = 42
Hidrocarburos no quemados	$R < 100 \text{ kg}$	HC = 4.2	$HC = 6 \frac{\text{g}}{\text{km}}$
	$100 \text{ kg} \leq R \leq 300 \text{ kg}$	$HC = 4.2 + 1.8 \cdot \left(\frac{R - 100}{200} \right)$	$HC = 6 + 2.4 \cdot \left(\frac{R - 100}{200} \right)$
	$R > 300 \text{ kg}$	HC = 6	HC = 8.4

R es el peso de referencia del vehículo, el cual es el peso de los vehículos descargados pero con el tanque lleno.

*Los valores requeridos en la homologación son los valores límites de emisiones que deben cumplir los vehículos para ser vendidos en algunos de los países de las Naciones Unidas.

**La conformidad de producción se aplica a los vehículos en masa.

"Modified from regulation No. 40 amendment 1: Uniform provisions concerning the approval of motor cycles equipped with a positive -ignition engine with regard to the emission of gaseous pollutants by the engine, © 1988, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 41 (Ruido de las motocicletas)

Esta regulación aplica al ruido de los vehículos de la categoría L₃.

Para probar que las motocicletas cumplen con los niveles de ruido permitidos, se realizan dos tipos de pruebas. La primera prueba consiste en verificar los niveles de ruido cuando las motocicletas están en movimiento, mientras que en la segunda prueba la motocicleta se les mantiene estacionaria.

Para realizar las mediciones del nivel de ruido de las motocicletas, el sonido ambiente del área debe estar por lo menos 10 dB(A) por debajo del sonido emitido por las motocicletas en estudio. Cuando se prueban las motocicletas en movimiento, el sonido se mide a ambos lados de ellas, para lo cual se colocan dos sonómetros a la mitad de la pista de prueba por donde ellas circulan a velocidades que se seleccionan de acuerdo con sus características. Entonces, si el ruido producido por las motocicletas cuando están en movimiento no supera los valores mostrados en la Tabla 4-64, ellas cumplirán con lo requerido.

En la prueba de sonido con las motocicletas estacionarias se coloca la marcha en la posición neutral y se hace rotar el motor a $\frac{3}{4}$ o $\frac{1}{2}$ de la velocidad a la que la motocicleta entrega su máxima potencia, dependiendo qué tan alta sea ésta, y las mediciones del ruido se realizan en las proximidades de la mufla. Cabe destacar que no hay requerimiento alguno asociado a esta prueba, sino que estas mediciones simplemente se anotan en la tabla de especificaciones de las motocicletas.

Tabla 4-64. Niveles de ruido máximos permitidos para las motocicletas nuevas

Categoría de la motocicleta	Relación masa potencia (RMP)	Nivel de ruido dB(A)
Categoría 1	$RMP \leq 25$	75
Categoría 2	$25 < RMP \leq 50$	77
Categoría 3	$RMP > 50$	80

"From regulation No. 41: Uniform provisions concerning the approval of motor cycles with regard to noise, © 2012, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

ECE 47 (Emisión de contaminantes gaseosos de los scooters)

Similar a las pruebas realizadas para determinar la emisión de contaminantes de las motocicletas (regulación ECE 40), estos vehículos son sometidos a dos tipos de pruebas. En la primera se simulan las condiciones de uso en una zona urbana congestionada y en la segunda se miden los contaminantes cuando el motor está trabajando a ralentí. No obstante, a diferencia de la regulación ECE 40, el ciclo de uso utilizado para la primera prueba presenta ciertas variaciones, así como los requerimientos de la emisión de contaminantes.

ECE 49 (Emisión de contaminantes de vehículos con un peso de referencia mayor a 2,610 kg, que usan motores de ignición por compresión o motores de ignición positiva impulsados por gas natural o gas licuado de petróleo)

Esta regulación se aplica a todos los vehículos de las categorías M_1 , M_2 , N_1 y N_2 cuya masa de referencia⁴⁸ sobrepasa los 2,610 kg y a todos los vehículos de M_3 y N_3 , salvo aquellos vehículos que ya habían sido aprobados de acuerdo con la regulación ECE 83.

Para verificar que los vehículos cumplen con los niveles de contaminantes se llevan a cabo tres tipos de pruebas, cuya aplicación depende de los tipos de vehículos. La primera, llamada ESC, consiste en una prueba que se realiza por medio de un ciclo que tiene 13 fases de estados continuos. La segunda, conocida como ELR, es una prueba cíclica que consiste en secuencias de aumento de la carga a velocidad constante. La tercera, llamada ETC, es una prueba cíclica que consiste de 1,800 fases aplicadas segundo a segundo.

Tabla 4-65. Descripción de las fases de la prueba ESC (emisiones)

Fase	Velocidad	Porcentaje de carga	Factor de peso	Tiempo (min)
1	Ralentí	–	0.15	4
2	A	100	0.08	2
3	B	50	0.10	2
4	B	75	0.10	2
5	A	50	0.05	2
6	A	75	0.05	2
7	A	25	0.05	2
8	B	100	0.09	2
9	B	25	0.10	2
10	C	100	0.08	2
11	C	25	0.05	2
12	C	75	0.05	2
13	C	50	0.05	2

A, B y C, son distintas velocidades que se determinan a partir de la velocidad a la cual el motor entrega su máxima potencia neta, de acuerdo con su curva de potencia, donde $A < B < C$.

"Modified from regulation No.49: Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression ignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

La prueba ESC posee 13 fases de estados continuos. Eso significa que a una velocidad determinada y a cierto porcentaje de carga determinado, se mantiene el motor trabajando por cierto periodo de tiempo antes de realizar el cambio de fase. Las fases cubren el rango típico de operación de los motores de diesel. El objetivo de esta prueba es determinar la cantidad de monóxido de carbono (CO) y el total de hidrocarburos. En la Tabla 4-65 se describen las 13 fases.

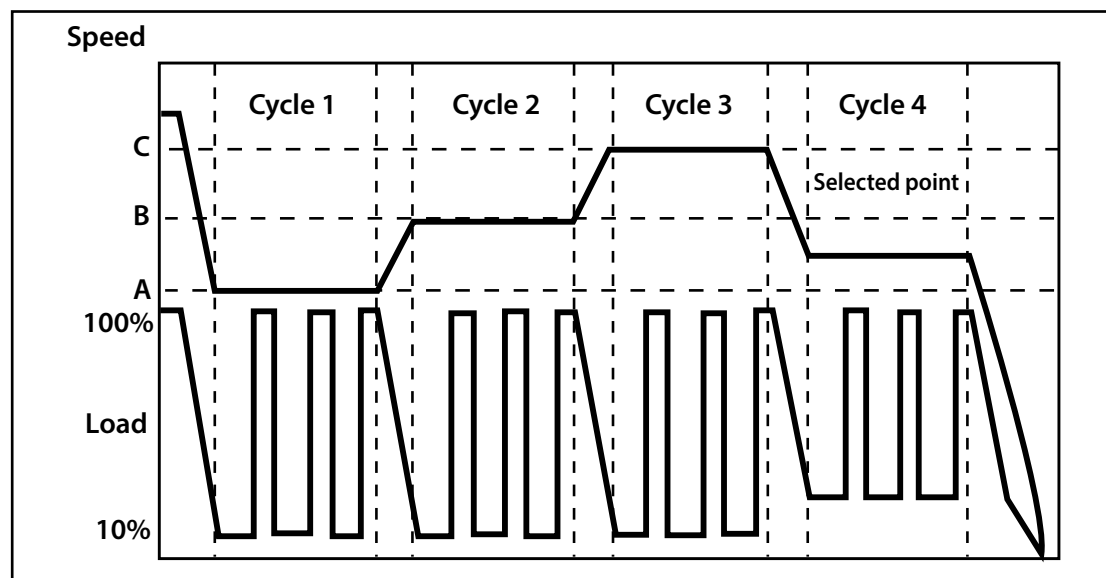
⁴⁸La masa de referencia es la masa del vehículo descargado, pero aunada a una masa de 100 kg para efectos de las pruebas (UNECE, Regulación Vehicular N°49, ítem 2).

La prueba ELR es una prueba cíclica que consiste en secuencias de aumento de la carga a velocidad constante. En esta prueba se mantienen las velocidades A, B y C constantes (descritas en la nota explicativa de la Tabla 4-65), mientras se varía el estado de la carga desde el 100% hasta el 10% principalmente, pero también se analiza a una cuarta velocidad que se selecciona de acuerdo con criterios técnicos, como se aprecia en la Ilustración 4-126. El objetivo de la prueba es realizar un recuento de la cantidad de partículas y la opacidad del humo de los motores de diesel.

Por último, la prueba ETC, es una prueba cíclica que consiste de 1,800 fases aplicadas segundo a segundo. El ciclo imita un patrón de conducción en carretera típico y se aplica a los motores de los vehículos de carga pesada y los autobuses. En esta prueba se inicia a la velocidad de ralentí y se aumenta hasta llegar a una velocidad máxima de prueba (que depende de la velocidad a la cual el motor entrega la máxima potencia neta), tomando las mediciones del torque y de la velocidad al menos una vez cada segundo, mientras que las mediciones de los gases se toman por lo menos a una frecuencia de 2 Hz con un sistema computarizado. Esta prueba se realiza con el fin de determinar la emisión de monóxido de carbono, de óxidos nitrosos; de hidrocarburos no metánicos y de la cantidad de partículas emitidas por los vehículos con motores de diesel o gas; además, permite medir la cantidad de metano emitida por los motores de gas.

Las pruebas antes mencionadas también se utilizan para determinar si los motores pueden cumplir con ciertos límites de emisiones de contaminantes durante su vida útil. Para ello se somete una muestra de los motores a las mediciones periódicas de los gases y partículas contaminantes después de haberlos utilizado por ciertas distancias mínimas, como se aprecia en la Tabla 4-66. Entonces, para que los motores cumplan con lo requerido, se debe demostrar que los contaminantes emitidos, cuando los motores ya han sido utilizados, cumplen con los valores límite indicados en las tablas 4-66 y 4-67.

Ilustración 4-123. Descripción de los ciclos de la prueba ELR.



Esta figura muestra cómo en la prueba ELR se mantiene cierta velocidad constante y se varía el estado de carga de los vehículos, donde la curva de arriba representa las variaciones de la velocidad, mientras que la curva de abajo representa las variaciones de la carga.

"From regulation No.49: Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression ignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-66. Tiempos de vida útil de los motores de los vehículos con un peso de referencia mayor a 2610 kg.

Categoría del vehículo en el que se va a instalar el motor	Periodo de servicio mínimo (km)	Vida útil
N ₁	100,000	100,000 km o 5 años
N ₂	125,000	200,000 km o 6 años
N ₃ con una masa máxima permisible que no excede las 16 toneladas	125,000	200,000 km o 6 años
N ₃ con una masa máxima permisible que excede las 16 toneladas	167,000	500,000 km o 7 años
M ₂	100,000	100,000 km o 5 años
Algunos tipos de vehículos M ₃ cuya masa no supera las 7.5 toneladas	125,000	200,000 km o 6 años
Algunos tipos de vehículos M ₃ cuya masa supera las 7.5 toneladas	167,000	500,000 km o 7 años

El periodo mínimo indicado es la distancia mínima que deben ser usados los motores para realizar las mediciones de los contaminantes.

"Modified from regulation No.49: Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression ignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-67. Límites de contaminantes permitidos para las pruebas ESC y ELR.

Límite de aprobación	Masa del monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de hidrocarburos (HC) g/kWh	Masa de los óxidos nitrosos (NO _x) g/kWh	Masa de las partículas (PT) g/kWh	Opacidad del humo (m ⁻¹)
A (2000)	2.1	0.6	5.0	0.10 / 0.13*	0.8
B1 (2005)	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
B2 (2008)	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
C (EEV)	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15

Los límites de contaminantes que se deben cumplir varían con respecto a los tipos de motores, por lo que se diferencian por medio de las categorías A, B1, B2 y C. Además, los límites B1, B2 y C se utilizan para corroborar su vida útil.

*Se aplica a los motores que poseen un volumen de barrido menor que 0.75 dm³ por cada cilindro y con una velocidad mayor a 3,000 revoluciones por minuto a la potencia máxima nominal del motor.

"Modified from regulation No.49: Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression ignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Tabla 4-68. Límites de contaminantes permitidos para las pruebas ETC.

Límite de aprobación	Masa del monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de hidrocarburos no metánicos (NMHC) g/kWh	Masa del metano (CH ₄)* g/kWh	Masa de los óxidos nitrosos (NO _x) g/kWh	Masa de las partículas (PT) [§] g/kWh
A (2000)	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 /0.21 [§]
B1 (2005)	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
B2 (2008)	4.0	0.55	1.1	2.0	0.03
C (EEV)	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02

Los límites de contaminantes que se deben cumplir varían con respecto a los tipos de motores, por lo que se diferencian por medio de las categorías A, B1, B2 y C. Además, los límites B1, B2 y C se utilizan para corroborar su vida útil.

*Se aplica a los motores de gas natural.

[§]No se aplica a los motores de gas en las fases B1 y B2.

[§]Se aplica a los motores que poseen un volumen de barrido menor que 0.75 dm³ por cada cilindro y con una velocidad mayor a 3,000 revoluciones por minuto a la potencia máxima nominal del motor.

"Modified from regulation No.49: Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression ignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles, © 2011, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Algunos motores deben tener un sistema de diagnóstico propio, el cual debe ser capaz de darle una advertencia al conductor cuando hay algunas fallas, entre las que se hayan las que provocan que los óxidos nitrosos o las partículas emitidas están sobrepasando unos valores establecidos (diferentes a los indicados en las tablas 4-67 y 4-68). Para probar que los sistemas de diagnóstico funcionan, simplemente se coloca una pieza deteriorada en el sistema de forma que se eleven los valores de las emisiones de contaminantes para así determinar si se activa la señal de advertencia.

ECE 51 (Ruido de los vehículos de al menos 4 ruedas)

El objetivo de esta regulación es determinar si los vehículos de pasajero y/o de carga cumplen con ciertos niveles de emisión de ruido establecidos.

De manera similar a la regulación ECE 41, estos vehículos son sometidos a pruebas estáticas y dinámicas de la medición del ruido. La prueba dinámica consiste en medir los niveles de ruido a ambos lados de los vehículos cuando viajan por una pista equipada con los sensores de ruido colocados a la mitad de su longitud, y se realizan mediciones cuando los vehículos viajan a velocidad constante y cuando están acelerando.

En el caso de la prueba estacionaria el micrófono se coloca cerca de la salida de la mufla. Además los niveles de ruido requerido también están entre el rango de los 74 a los 80 dB(A).

ECE 63 (Ruido de las motocicletas pequeñas)

Esta regulación indica los requerimientos de los niveles de ruido de las motocicletas cuyo cilindraje es inferior a 50 cc y/o que sin importar el método de propulsión su velocidad no supera los 50 km/h.

Al igual que el procedimiento indicado en la regulación ECE 41, estos vehículos son sometidos a pruebas de emisión de ruido en movimiento y estáticas. No obstante, los métodos de la regulación ECE 63

difieren porque la velocidad utilizada en la prueba dinámica es de 30 km/h o su velocidad máxima (en caso de que ésta sea inferior a 30 km/h), mientras que la prueba estática se realiza a $\frac{3}{4}$ de la velocidad a la cual el motor entrega su máxima potencia.

Los niveles de ruido cumplen con lo requerido si son menores que 70 dB(A) en el caso de las motocicletas pequeñas que pueden desarrollar velocidades mayores a 30 km/h, o menores que 73 dB(A) cuando no alcanzan tal velocidad.

ECE 83 (Emisión de contaminantes de vehículos de acuerdo al combustible que utilizan)

Esta regulación estipula las pruebas y los requerimientos de la emisión de contaminantes de los vehículos M_1 , M_2 , N_1 y N_2 cuya masa de referencia no excede los 2,610 kg.

Para comprobar si los vehículos cumplen con los límites de emisión de contaminantes, ellos son sometidos a seis diferentes pruebas, pero algunos no deben ser sometidos a todas ya que el tipo de pruebas depende del tipo de combustible que utilizan.

- Prueba tipo I (simulación de las emisiones promedio expelidas por la mufla después de un encendido en frío): en esta prueba se utiliza un dinamómetro que permite simular la inercia del vehículo y otras fuerzas asociadas a la carga cuando el vehículo está circulando en una carretera. La prueba consiste en someter los vehículos a ciclos que simulan condiciones del ambiente urbano y el ambiente extra-urbano (como lo muestra la Ilustración 4-124), lo cuales comprenden fases con el motor en ralentí, acelerando, manteniendo la velocidad constante, y desacelerando.

Durante la prueba se miden continuamente los gases expelidos por medio de un analizador de gases. Entonces, si la diferencia entre los gases emitidos al inicio y al final de las pruebas es menor al 2%, se considera que se cumplió satisfactoriamente con lo requerido. También se llevan a cabo mediciones de la masa de las partículas emitidas por kilómetro (mg/km), las cuales se realizan midiendo la masa de las partículas atrapadas por el filtro de partículas. También se diluyen los gases en unas bolsas, permitiendo así medir el volumen total de los gases diluidos.

Una vez medida la masa de las partículas, analizados los gases y medido el volumen de los mismos, se determina si los vehículos cumplen con los valores mostrados en la Tabla 4-69.

Tabla 4-69. Límite de emisión de contaminantes.

Categoría Clase		Masa de Referencia o MR (kg)	CO		THC		NMHC		NO _x		THC + NO _x		Masa de las partículas (PM) (mg/km)		Números de partículas (Número/km)	
			(mg/km)		(mg/km)		(mg/km)		(mg/km)		(mg/km)		(mg/km)		(Número/km)	
			DP	IC	DP	IC	DP	IC	DP	IC	DP	IC	DP	IC	DP	IC
M	–	Todos	1,000	500	100	–	68	–	60	180	4.5	4.5	–	4.5	–	6.0×10^{11}
	I	MR < 1,305	1,000	500	100	–	68	–	60	180	4.5	4.5	–	4.5	–	6.0×10^{11}
N_1	II	1,305 < MR < 1,760	1,810	630	130	–	90	–	75	235	4.5	4.5	–	4.5	–	6.0×10^{11}
	III	1,760 > MR	2,270	740	160	–	108	–	82	280	4.5	4.5	–	4.5	–	6.0×10^{11}
N_2		Todos	2,270	740	160	–	108	–	82	280	4.5	4.5	–	4.5	–	6.0×10^{11}

Aquí DP se refiere a los motores de desplazamiento positivo e IC se refiere a los motores de ignición por compresión.

"Modified from regulation No.83: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

- Prueba tipo II (medición del CO emitido a la velocidad de ralentí): esta prueba se lleva a cabo en los motores de desplazamiento positivo y consiste simplemente en colocar un sensor de gases dentro de la mufla del vehículo y por medio de un analizador de gases se determina la cantidad de CO emitido. Si el contenido máximo de CO no supera un volumen de 0.3 %, o si a una alta velocidad de ralentí el volumen de CO no es mayor a 0.2 % (con el motor girando a una velocidad de 2,000 rpm y una eficiencia de combustión de 1), se considera que el vehículo cumple con los límites de emisión de CO.
- Prueba tipo III (emisiones de la carcasa del árbol de levas): esta prueba consiste en determinar si el sistema de ventilación de la carcasa del árbol de levas funciona adecuadamente. Para ello se mide la presión dentro de la carcasa mientras el motor está funcionando bajo las siguientes condiciones: a velocidad de ralentí y a 50 km/h en la tercera marcha o en drive. Entonces, si la presión dentro de la carcasa no excede la presión atmosférica, se considera que el motor cumple con lo requerido.

No obstante, si la presión es mayor a la atmosférica, se realiza una prueba adicional que consiste en conectar una bolsa desinflada al agujero que permite medir el nivel de aceite. Entonces, si no se observa que se infle la bolsa, se considera que el vehículo también cumple con los requerimientos.

- Prueba tipo IV (determinación de emisiones evaporativas): el objetivo de esta prueba es medir las emisiones evaporativas de hidrocarburos producidas por la variación de la temperatura durante el día, emisión de hidrocarburos en caliente cuando el vehículo se encuentra parqueado y bajo condiciones de conducción urbanas. Antes de iniciar la prueba el vehículo debe haber recorrido 3,000 km. Luego se coloca el vehículo en un dinamómetro y se realiza la prueba tipo I previamente a la realización de las mediciones de las emisiones evaporativas, con el fin de simular las condiciones de conducción en el ambiente urbano, pero no es necesario realizar mediciones evaporativas en este punto.

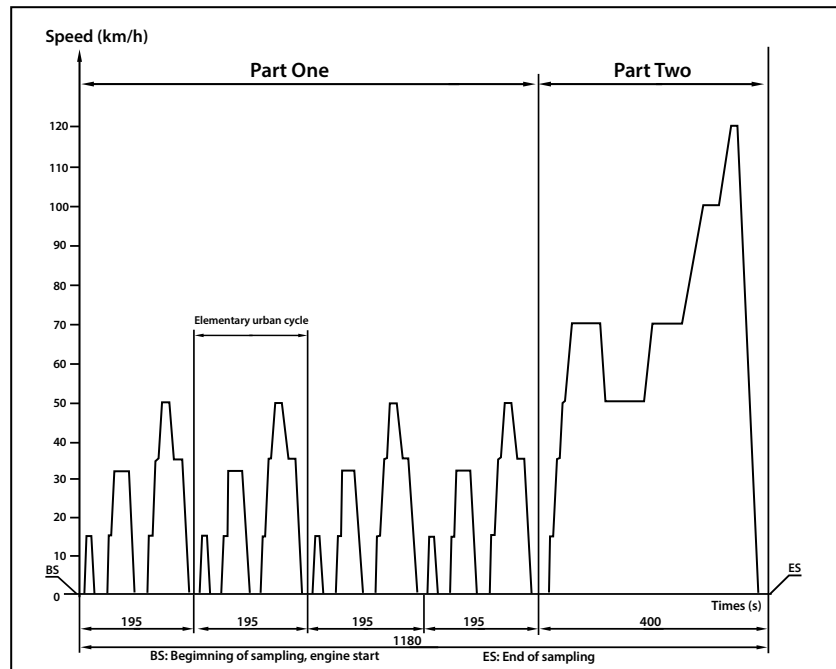
Una vez finalizada la prueba tipo I, se lleva el vehículo a una cámara en la que se realiza la medición de las emisiones de hidrocarburos en caliente, con el vehículo apagado. La prueba consiste en poner el vehículo en una cámara en la que se puede mantener controlada la temperatura y se le deja en reposo durante 60 minutos. Después, se mide la concentración de hidrocarburos en la cámara. Al finalizar la prueba, las emisiones de hidrocarburos deben ser inferiores a 2 g.

Por otro lado, para medir las emisiones producidas durante las variaciones de temperatura durante el día, se colocan los vehículos en una cámara en la que, en un lapso de 24 horas, se varía la temperatura entre 20°C y 35°C. Al final se mide la concentración de hidrocarburos en la cámara, la que de nuevo debe ser inferior a 2 g, o de lo contrario el vehículo no cumpliría con los requerimientos.

- Prueba tipo V (durabilidad de los dispositivos anti-contaminación): esta prueba simula un envejecimiento del vehículo, en donde la distancia recorrida es de 160,000 km, conduciendo los vehículos de acuerdo con ciclos establecidos. Esto se puede lograr conduciendo el vehículo

en una pista de prueba, en carretera o en un dinamómetro, con la finalidad de envejecer el catalizador y el sensor de oxígeno. Durante la prueba, la emisión de contaminantes es medida por lo menos cada 10,000 km siguiendo el proceso descrito en la prueba tipo I. Al final de la prueba el vehículo debe cumplir con los requerimientos indicados en la Tabla 4-69

Ilustración 4-124. Ciclos de ambiente urbano y extra-urbano.



"From regulation No.83: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

- Prueba tipo VI (Verificación de la emisión promedio de CO e hidrocarburos en un ambiente de baja temperatura, después de un encendido en frío): esta prueba no se realiza en motores de encendido por compresión. La prueba consiste en someter los vehículos a los cuatro ciclos de conducción de la primera parte de la prueba tipo I (ver Ilustración 4-124), utilizando para ello un dinamómetro de inercia, sin embargo, la prueba se realiza a una temperatura de -7°C. Al finalizar la prueba, los motores deben cumplir con los límites de emisión de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) mostrados en la Tabla 4-70

Tabla 4-70. Requerimientos de emisión CO y HC a baja temperatura

Categoría	Clase	CO (g/km)	HC (g/km)
M	—	15	1.8
N ₁	I	15	1.8
	II	24	2.7
	III	30	3.2
N ₂		30	3.2

"Modified from regulation No.83: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

De acuerdo con los requerimientos de este estándar, los vehículos deben estar equipados con un sistema de diagnóstico de la combustión que posee un indicador de falla en la cabina. Para evaluar su funcionamiento, estos sistemas son sometidos a pruebas que constan de las siguientes fases:

1. Se simula la falla de algún componente del control del motor o del sistema de control de emisiones. Estas fallas simuladas consisten en reemplazar el catalizador por uno deteriorado o defecutoso, o se simula electrónicamente tal tipo de falla. Además evalúa el funcionamiento ante la desconexión de algún componente electrónico conectado al sistema de manejo del tren de potencia y la remoción de la trampa de partículas o ensamble defectuoso de la trampa, entre otros tipos de fallas. Sin embargo, no se deben simular más de cuatro fallas simultáneamente.
2. Se conduce el vehículo al menos dos veces el patrón de conducción de la prueba tipo I (ver Ilustración 4-124), con el fin de precondicionarlo.
3. Después del precondicionamiento, se conduce el vehículo de acuerdo con el patrón del ciclo 1 de la prueba tipo I y el indicador de falla debe activarse antes de que se finalice la prueba.
4. Se determina si el sistema de diagnóstico reacciona ante la falla simulada y si la indica adecuadamente.

Tabla 4-71. Tipos de pruebas de emisión de contaminantes de los vehículos según el tipo de combustible y el tipo de motor

Tipo de prueba	Vehículos con motores de encendido por chispa de desplazamiento positivo, incluyendo híbridos							Vehículos con motores de encendido por compresión,	
	Mono-combustible			Bi-combustible			Flexibles en cuanto al uso de combustibles (Flex-fuel)	Flexibles en cuanto al uso de combustibles (Flex-fuel)	Mono-combustible
	Petróleo (ES)	LPG	NG/ Biometa	Petróleo (ES) LPG	Petróleo (ES) NG / Biometano	Petróleo (ES) Hidrógeno	Petróleo (ES) Etanol (E85)	Diesel (B5) Biodiesel	Diesel (B5)
Contaminantes gaseosos (prueba tipo I)	Sí	Sí	Sí	Sí (Ambos combustibles)	Sí (Ambos combustibles)	Sí (Sólo Petróleo)	Sí (Ambos combustibles)	Sí (Sólo B5)	Sí
Partículas (prueba tipo I)	Sí (Inyección directa)	–	–	Sí (inyección directa, sólo el petróleo)	Sí (inyección directa, sólo el petróleo)	Sí (inyección directa, sólo el petróleo)	Sí (inyección directa, sólo el petróleo)	Sí (Sólo B5)	Sí
Emisiones en ralentí (Prueba tipo II)	Sí	Sí	Sí	Sí (Ambos combustibles)	Sí (Ambos combustibles)	Sí (Sólo petróleo)	Sí (Ambos combustible)	–	–
Emisiones desde la carcasa del árbol de levas (prueba tipo III)	Sí	Sí	Sí	Sí (sólo petróleo)	Sí (sólo petróleo)	Sí (Sólo petróleo)	Sí (sólo petróleo)	–	–
Emisiones evaporativas (prueba tipo IV)	Sí	–	–	Sí (sólo petróleo)	Sí (sólo petróleo)	Sí (Sólo petróleo)	Sí (sólo petróleo)	–	–
Durabilidad (prueba tipo V)	Sí	Sí	Sí	Sí (sólo petróleo)	Sí (sólo petróleo)	Sí (Sólo petróleo)	Sí (sólo petróleo)	Sí (sólo B5)	Sí
Emisiones a temperaturas bajas	Sí	–	–	Sí (sólo petróleo)	Sí (sólo petróleo)	Sí (Sólo petróleo)	Sí (Ambos combustibles)	–	–
Diagnóstico del sistema indicador de falla	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí (sólo B5)	Sí

"Modified from regulation No.83: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements, © 2015, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Como se mencionó anteriormente, no todos los tipos de motores son sometidos a todas las pruebas, sino que esto depende del tipo de combustible y de la manera en que se genera la combustión. En la Tabla 4-71 se muestran los tipos de pruebas que se aplican para los diversos motores y combustibles que utilizan.

ECE 117 (Ruido, adhesión y resistencia al ruedo de las llantas)

En esta regulación se especifican los requerimientos de las emisiones de ruido, de la resistencia al ruedo y de la adhesión de las llantas en superficies mojadas. Cabe destacar que la norma rige sobre tres clases de llantas que se categorizan de la siguiente manera:

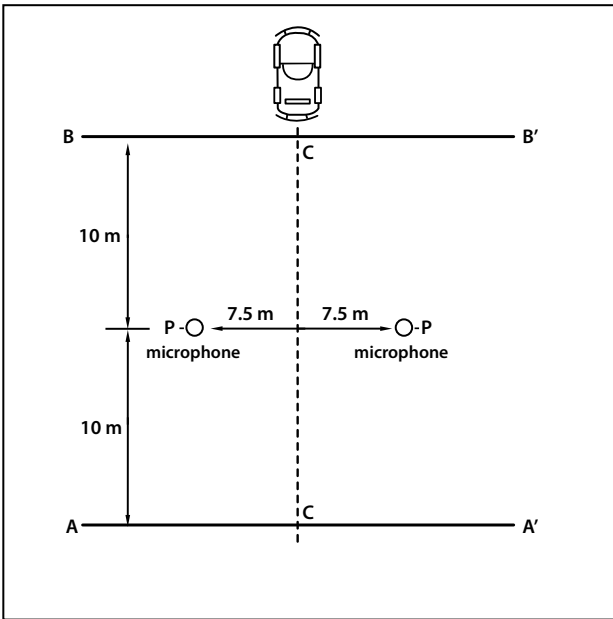
- C1 = llantas que cumplen con la regulación vehicular ECE 30.
- C2 = llantas que cumplen con la regulación vehicular ECE 54, cuyo índice de capacidad de carga es menor o igual a 121 y su categoría de velocidad es N o mayor.
- C3 = llantas que cumplen con la regulación vehicular ECE 54, cuyo índice de capacidad de carga es mayor a 122 y su categoría de velocidad es menor o igual a M.

Las pruebas asociadas a la protección ambiental son las mediciones de ruido y las mediciones de la resistencia al ruedo. Esto por cuanto es importante mantener los niveles de contaminación ruidosa bajo ciertos valores límite y porque la resistencia al ruedo no puede ser excesiva o de lo contrario se aumenta el consumo de combustible.

Para llevar a cabo la medición del ruido de las llantas se hace rodar libremente un vehículo (con el motor desconectado) por una pista de prueba que posee micrófonos para medir la intensidad del sonido producido por las llantas (ver Ilustración 4-125), medición que no se puede hacer cuando el vehículo está acelerando o desacelerando.

La velocidad de prueba depende del tipo de llanta que se va a evaluar, pero el rango de velocidades ronda entre 60 km/h y 90 km/h. Para la prueba es importante tener una superficie adecuada, la cual cumple con los requerimientos de la norma ISO 10844:2011 y su centro debe estar alejado al menos a 50 m de objetos como edificios, rocas, puentes, etc. Además, es importante controlar otros parámetros como la temperatura, la presión de las llantas, la carga de las mismas, etc.

Ilustración 4-125. Prueba del sonido de las llantas



"From regulation No.117: Uniform provisions concerning the approval of tyres with regard to rolling sound emissions and/or to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Los niveles de ruido permitidos dependen del tipo de llanta y de su ancho nominal, por lo que no se indicarán todos los requerimientos. A modo de ejemplo, en la Tabla 4-72 se muestran los requerimientos de las llantas categoría C1.

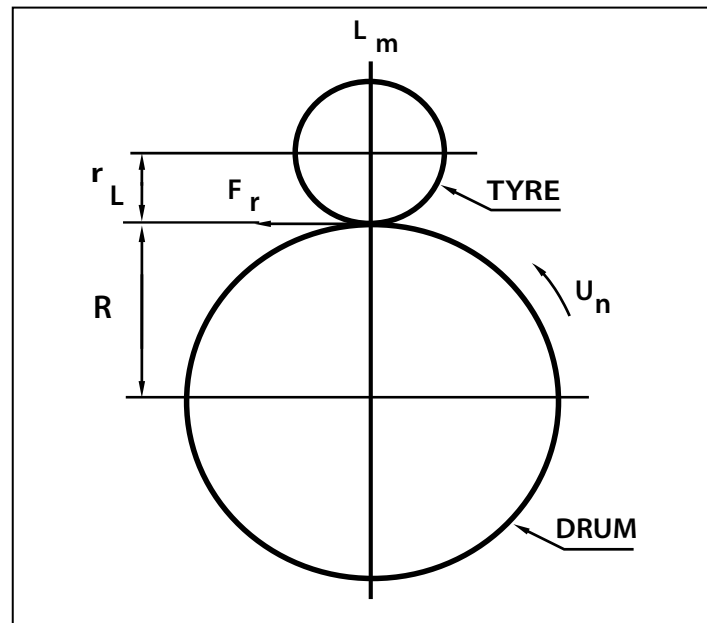
Tabla 4-72. Ejemplo de los niveles de ruido máximos permitidos para llantas de la categoría C1.

Ancho nominal de la sección de la llanta (mm)	Valor límite dB (A)
185 y menos	70
Desde 185	71
Desde 245 hasta 275	72
Más de 275	74

"From regulation No.117: Uniform provisions concerning the approval of tyres with regard to rolling sound emissions and/or to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Por último, las llantas son sometidas a mediciones de resistencia al ruedo. Esas mediciones se realizan haciendo girar la llanta sobre un rodillo (ver Ilustración 4-126), de forma que se pueda medir la fuerza normal de la llanta sobre el rodillo, la velocidad, la presión de la llanta, el coeficiente de resistencia y la distancia del eje de la llanta a la superficie externa del tambor durante el estado estable del movimiento, entre otros factores. A manera opcional, esta prueba también se puede llevar a cabo en base a la medición de la desaceleración angular de la llanta y del tambor.

Ilustración 4-126. Medición de la resistencia al ruedo de las llantas



"From regulation No.117: Uniform provisions concerning the approval of tyres with regard to rolling sound emissions and/or to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se lleva a cabo el cálculo de la fuerza de resistencia (F_r) al ruedo, lo cual posteriormente permite calcular el coeficiente de resistencia al ruedo (C_r) de la siguiente manera:

$$C_r = \frac{F_r}{L_m} \quad (XIX)$$

Donde F_r es la fuerza de resistencia al ruedo en N y L_m es la fuerza normal en kN. Una vez realizado ese cálculo se deben llevar a cabo correcciones en base al diámetro del tambor y a los cambios de temperatura, para poder tener así el valor definitivo del C_r .

Al finalizar las pruebas, el valor máximo de resistencia al ruedo no debe superar los valores indicados en la Tabla 4-73.

Tabla 4-73. Valores máximos de resistencia al ruedo

Clase	Valor máximo (N/kN)
C1	10.5
C2	9.0
C3	6.5

"Modified from regulation No.117: Uniform provisions concerning the approval of tyres with regard to rolling sound emissions and/or to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance, © 2014, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Epílogo



Las únicas pruebas que se realizan en Costa Rica para que los vehículos sean importados son las pruebas de la revisión técnica vehicular. A causa de que tales pruebas se diseñaron con el fin de verificar principalmente el estado de mantenimiento de los vehículos, en ocasiones ellas son insuficientes para determinar si algunos de los componentes de seguridad de los vehículos se desempeñan correctamente. Como por ejemplo, en la revisión técnica vehicular se verifica si los vehículos cuentan con cinturones de seguridad, pero se desconoce si tales cinturones o si sus anclajes tienen suficiente resistencia como para soportar las cargas a las que serían sometidos en caso de colisiones; o en los procedimientos de la revisión técnica vehicular se revisa visualmente el desgaste de las llantas, pero se desconoce si ellas poseen suficiente resistencia a la penetración y al desmontaje, o si se desempeñan adecuadamente a altas velocidades. Además, dicha revisión deja por fuera algunos dispositivos de seguridad vehicular como los cascos de motociclistas.

En consecuencia, en Costa Rica deberían establecerse reglamentos técnicos que permitan regular las características de los dispositivos de seguridad vehicular o de los vehículos que se importan al país, ya que actualmente solo se han establecido los reglamentos asociados a las emisiones de gases contaminantes y ruido. Para ello, se podría seguir el ejemplo de lugares como Europa, Canadá y los EEUU en donde se han adoptado una serie de normas técnicas y/o reglamentos, para poder así regular aquellos elementos que se consideren de interés.

Para ello, es de suma importancia realizar un análisis profundo de los requerimientos vehiculares y de la problemática de seguridad vial de los países que han desarrollado normas de seguridad vehicular, a fin de poder determinar si se deben adecuar los requerimientos a las necesidades del país.



Referencias

ANSI/SAE Z 26.1. (2007). *American national standard for safety glazing materials for glazing motor vehicles and motor vehicle equipment operating on land highways – Safety standard*. Retrieved from http://www.interautoglass.org/content/17473/download/clnt/18339_Draft_ANSI_Z26_11.pdf

Automobile Association. (2015). *Euro emissions standards*. Retrieved June 09th, 2016 from https://www.theaa.com/motoring_advice/fuels-and-environment/euro-emissions-standards.html

Automotive Technology Group. (2009, May). *FMVSS test summary and estimated costs*. Retrieved May 19th, 2010, from http://www.automotivetechologygroup.com/FMVSS_Test_Summary.pdf

ASTM D1056-73. (1973). *Standard specification for sponge and expanded cellular rubber products*.

Bartlett, J. (2008, May). *Smart ForTwo crash test results and video*. Retrieved September 29th, 2010, from <http://blogs.consumerreports.org/cars/2008/05/smart-crashtest.html>

Barnard, R. (1996). *Road vehicle Aerodynamic design: An introduction*. Longman.

Billing, J.R. y Patten, J.D. (2005). *An assessment of tank truck roll stability. Technical report*. Transport Dangerous Goods Directorate, Ottawa.

Bumper Standard. (2009). 49 C.F.R. §581.

CMVSS 108. (2009). *Lighting system and retroreflective devices*. Transport Canada.

CMVSS 108.1. (2009). *Alternative requirements for headlamps*. Transport Canada.

CMVSS 114. (2009). *Theft protection and rollaway prevention*. Transport Canada.

CMVSS 201. (2009). *Occupant protection*. Transport Canada.

CMVSS 205. *Glazing materials*. Transport Canada.

CMVSS 208. (2009). *Occupant crash protection*. Transport Canada.

CMVSS 209. (2009). *Seat belt assemblies*. Transport Canada.

CMVSS 210. (2009). *Seat belt anchorages*. Transport Canada.

CMVSS 210.1 (2009). *User-ready tether anchorages for restraint systems*. Transport Canada.

CMVSS 210.2. (2009). *Lower universal anchorages systems for restraint systems and booster cushions*. Transport Canada.

CMVSS 213. (2012). *Child restraint systems*. Transport Canada.

CMVSS 213.1. (2012). *Infant restraint systems*. Transport Canada.

CMVSS 213.2. (2012). *Booster seats*. Transport Canada.

CMVSS 213.3. (2012). *Restraint systems for disabled persons*. Transport Canada.

CMVSS 213.5. (2012). *Restraint systems for infants with special needs*. Transport Canada.

CMVSS 214. (2009). *Side door strength*. Transport Canada.

CMVSS 215. (2009). *Bumpers*. Transport Canada.

CMVSS 220. (2008). *Rollover protection*. Transport Canada.

CMVSS 223. (2009). *Rear impact guards*. Transport Canada.

CMVSS 301. (2009). *Fuel system integrity*. Minister of Justices, Canada.

CMVSS 301.1. (2009). *LPG fuel system integrity*. Transport Canada.

CMVSS 301.2. (2009). *CNG fuel system integrity*. Transport Canada.

CMVSS 301.3. (2009). *Fuel system integrity for three-wheeled vehicles and motorcycles*. Transport Canada.

CMVSS 901. (2009). *Axles*. Transport Canada.

CMVSS 903. (2009). *C-dolly specifications*. Transport Canada.

CMVSS 905. (2009). *Trailer cargo anchorage devices*. Transport Canada.

CMVSS 1106. (2009). *Noise emissions*. Transport Canada.

Decreto Ejecutivo N° 30751 – MOPT. (2002). *Reglamento para el cumplimiento de la revisión técnica vehicular de los vehículos nuevos importados en el primer nivel de comercialización*.

Decreto Ejecutivo N° 38937-MOPT. (2015). *Reglamento para el control del ruido emitido por el escape de vehículos automotores*.

Decreto Ejecutivo N°39724-MOPT-MINAE-S. (2016). *Reglamento para el control de las emisiones contaminantes producidas por los vehículos con motor de combustión interna*.

Department of Health of New York. (2008, October). *Get Facts About LATCH – Securing Child Safety Seats*. Retrieved January 3rd, 2011, from <http://www.health.state.ny.us/publications/0625/>

DOT. (1996a, June). *Laboratory test procedure for FMVSS 103: Windshield defrosting and defogging system*. NHTSA, Washington, DC. Retrieved May 20th, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/ DOT/NHTSA/ Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/TP-103-13.pdf>

DOT. (1996b, June). *Laboratory test procedure for FMVSS 104: Windshield wiping and washing systems*. NHTSA, Washington, DC. Retrieved May 20th, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/ Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/TP-104-08.pdf>

DOT. (2008a, April). *Laboratory test procedure for FMVSS 106: Brake Hoses*. NHTSA, Washington, DC. Retrieved May 20th, 2010, from <http://www.safercar.gov/ staticfiles/DOT/NHTSA/Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/TP-106-10.pdf>

DOT-NHTSA. (2007a, July). *Laboratory test procedure for FMVSS 138: Tire pressure monitoring system*. Washington, DC. Retrieved July 7th, 210, from <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/ Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/TP-138-03.pdf>

DOT-NHTSA. (1996c, August). *Laboratory test procedure for FMVSS 204: Steering control rearward displacement*. Washington, DC. Retrieved August 23rd, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/ DOT/NHTSA/ Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/ TP-204-08.pdf>

DOT. (1990a, May). *Laboratory test procedure for FMVSS 203: Impact protection for the driver from the steering control system*. NHTSA, Washington, DC. Retrieved August 23rd, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/ TP-203-02.pdf>

DOT-NHTSA. (2007b, December). *Laboratory test procedure for FMVSS 209: Seat belt assemblies*. Washington, DC. Retrieved October 1st, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/ Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/ TP-209-08.pdf>

DOT-NHTSA. (1991, July). *Laboratory test procedure for FMVSS 220: School bus rollover protection*. Washington, DC. Retrieved October 28th, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/ Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/ TP-220-02.pdf>

DOT-NHTSA. (2008b, October). *Laboratory test procedure for FMVSS 222: School bus passenger seating and crash protection*. Washington, DC. Retrieved December 7th, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/ DOT/NHTSA/Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/TP222-04.pdf>

DOT-NHTSA. (2003, December). *Laboratory test procedure for FMVSS 221: Body joint strength*. Washington, DC Retrieved October 29th, 2010, from <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/ Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/ tp-221-03.pdf>

DOT-NHTSA. (1990b, April). *Laboratory test procedure for FMVSS 581: Bumper standard*. Washington, DC. Retrieved February 3rd, 2011, from <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Vehicle%20Safety/ Test%20Procedures/Associated%20Files/TP-581-01.pdf>

ECE 1. (1992). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting and asymmetrical passing beam and/or a driving beam and equipped with filament lamps of category R2*.

ECE 5. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of power-driven vehicles sealed-beam headlamps (sb) emitting a european asymmetrical passing beam or driving beam or both*.

ECE 6. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of directions indicators for power-driven vehicles and their trailers.*

ECE 7. (2010). *Uniform provisions concerning the approval of front and rear position lamps, stop-lamps and end-outline marker lamps for motor vehicles (except motor cycles) and their trailers.*

ECE 8. (2002). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting and asymmetrical passing beam or driving beam or both and and equipped with halogen filament lamps (H1, H2, H3, HB3, HB4, H7, H8, H9, HIR1, HIR2 and/or H11.*

ECE 9. (1997). *Uniform provisions concerning the approval of three-wheeled vehicles with regard to noise.*

ECE 10. (2014). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility.*

ECE 11. (1981). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to door latches and door retention components.*

ECE 12. (1994). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the driver against the steering mechanism in the event of impact.*

ECE 13. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking.*

ECE 13h. (2011). *Uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to braking.*

ECE 14. (2006). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to safety-belt anchorages, ISOFIX anchorage systems and ISOFIX top tether anchorages.*

ECE 16. (2009). *Uniform provisions concerning the approval of: I. Safety-belts, restraint systems, child restraint systems and ISOFIX, child restraint systems for occupants of power driven vehicles. II. Vehicles equipped with safety-belt, safety-belt reminder, restraint systems, child restraint systems and isofix child restraint systems.*

ECE 17. (2002). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the seats, their anchorages and any head restraints.*

ECE 18. (2005). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their protection against unauthorized use.*

ECE 20. (2006). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting and asymmetrical passing beam or driving beam or both and equipped with halogen filament lamps (H4 lamps).*

ECE 21. (1993). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their interior fittings.*

ECE 21. (2003). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their interior fittings. Revision 2 – Amendment 2.*

ECE 22. (2002). *Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds.*

ECE 23. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of reversing lamps for driven-power vehicles and their trailers.*

ECE 24. (1986). *Uniform provisions concerning: I. The approval of compression ignition (C.I.) engines with regard to the emission of visible pollutants, II. The approval of motor vehicles with regard to the installation of C.I., III. Engines of an approved type. IV: the approval of motor vehicles equipped with C.I. engines with regard to emission of visible pollutants by the engine, V. The measurement of power of C.I.*

ECE 25. (1990). *Uniform provisions concerning the approval of head restraints (headrests) whether or not incorporated in vehicle seats.*

ECE 26. (1972). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their external projections.*

ECE 28. (1972). *Uniform provisions concerning the approval of audible warning devices and of motor vehicles with regard to their audible signals.*

ECE 28. (1992). *Amendment 2: Uniform provisions concerning the approval of audible warning devices and of motor vehicles with regard to their audible signals.*

ECE 29. (2012). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants of the cab of a commercial vehicle.*

ECE 30. (2007). *Uniform provisions concerning the approval of pneumatic tyres for motor vehicle and their trailers.*

ECE 31. (2009). *Uniform provisions concerning the approval of power-driven vehicle's sealed beam headlamps (SB) emitting an european asymmetrical passing beam or driving beam or both.*

ECE 32. (2007). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the behavior of the structure of the impacted vehicle in a rear-end collision.*

ECE 33. (1993). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the behavior of the structure of the impacted vehicle in a head-on collision.*

ECE 34. (2003). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the prevention of fire risks.*

ECE 36. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of large vehicles with regard to the behavior of the structure of the impacted vehicle in a rear-end collision.*

ECE 37. (2012). *Uniform provisions concerning the approval of filament lamps for use in approved lamp units of power-driven vehicles and of their trailers.*

ECE 38. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of rear fog lamps for power-driven vehicles and their trailers.*

ECE 39. (2003). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the speedometer equipment including its installation.*

ECE 40. (1979). *Uniform provisions concerning the approval of motor cycles equipped with a positive-ignition engine with regard to the emission of gaseous pollutants by the engine.*

ECE 41. (1994). *Uniform provisions concerning the approval of motor cycles with regard to noise.*

ECE 42. (1980). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their front and rear protective devices (bumpers, etc.)*

ECE 43. (2004). *Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles.*

ECE 44. (2014). *Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems").*

ECE 45. (2010). *Uniform provisions concerning the approval of headlamp cleaners and of power-driven vehicles with regard to headlamp cleaners.*

ECE 46. (2009). *Uniform provisions concerning the approval of devices for indirect vision and of motor vehicles with regard to the installation of these devices.*

ECE 47. (1981). *Uniform provisions concerning the approval of mopeds equipped with a positive-ignition engine with regard to the emission of gaseous pollutants by the engine.*

ECE 48. (2010). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices.*

ECE 49. (2011). *Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants for compression-ignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles.*

ECE 50. (2009). *Uniform provisions concerning the approval of front position lamps, rear position lamps, stop lamps, direction indicator lamps, and rear-registration plate illuminating devices for vehicles of category L.*

ECE 51. (2011). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles having at least four wheels with regard to their noise emissions.*

ECE 52. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of M2 and M3 small capacity vehicles with regard to their general construction.*

ECE 53. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of category L3 vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices.*

ECE 54. (2004). *Uniform provisions concerning the approval of pneumatic tyres for commercial vehicles and their trailers.*

ECE 55. (2001). *Uniform provisions concerning the approval of mechanical coupling components of combination of vehicles.*

ECE 58. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of:*

- I. *Rear underrun protective devices (RUPDS).*
- II. *Vehicles with regard to their installation of a RUPD of and approved type.*
- III. *Vehicles with regard to their rear underrun protection.*

ECE 61. (1984). *Uniform provisions concerning the approval of commercial vehicles with regard to their external projections forward of the cab's rear panel.*

ECE 62. (1984). *Uniform provisions concerning the approval of power-driven vehicles with handlebars with regard to their protection against unauthorized use.*

ECE 63. (1985). *Uniform provisions concerning the approval of two-wheeled mopeds with regard to noise.*

ECE 64. (2010). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their equipment which may include: a temporary-use spare unit, run-flat tyres and/or run-flat system, and/or a tyre pressure monitoring system.*

ECE 66. (2006). *Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to the strength of their superstructure.*

ECE 67. (2012). *Uniform provisions concerning the approval of:*

- I. *Approval of specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system.*
- II. *Approval of vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment.*

ECE 73. (2011). *Uniform provisions concerning the approval of:*

- I. *Vehicles with regard to their lateral protection devices (LPD).*
- II. *Lateral protection devices (LPD).*
- III. *Vehicles with regard to the installation of LPD of an approved type according to part II of this regulation.*

ECE 75. (2010). *Uniform provisions concerning the approval of pneumatic tyres for motor cycles and mopeds.*

ECE 78. (2007). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories L1, L2, L3, L4 and L5 with regard to braking*

ECE 79. (2005). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment.*

ECE 79. (2014). *Revision 2 – Amendment 1: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment.*

ECE 80. (2012). *Uniform provisions concerning the approval of seats of large passenger vehicles and of these vehicles with regard to the strength of the seats and their anchorages.*

ECE 81. (1989). *Uniform provisions concerning the approval of seats of rearview mirrors of two-wheeled power-driven vehicles with or without side car, with regard to the mounting of rear-view mirrors on handlebars.*

ECE 82. (1989). *Uniform provisions concerning the approval of moped headlamps equipped with filament halogen lamps (HS2 lamps).*

ECE 83. (2011). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements.*

ECE 87. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of daytime running lamps for power-driven vehicles.*

ECE 88. (1993). *Uniform provisions concerning the approval of retroreflective tyres for two-wheeled vehicles.*

ECE 89. (1992). *Uniform provisions concerning the approval: I. Vehicles with regard to limitation of their maximum speed. II. Vehicles with regard to the installation of a speed limitation device (SLD) of an approval type. III. Speed limitation devices (SLD).*

ECE 91. (1995). *Uniform provisions concerning the approval of side-marker lamps for motor vehicles and their trailers.*

ECE 93. (1994). *Uniform provisions concerning the approval of: I. Front underrun protective devices (FUPDs). II. Vehicle with regard to the installation of an FUPD on an approved type. III. Vehicles with regard to their front underrun protection (FUP).*

ECE 94. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a frontal collision.*

ECE 95. (2011). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a lateral collision.*

ECE 97. (2007). *Uniform provisions concerning the approval of vehicle alarm systems (VAS) and of motor vehicles with regard to their alarm systems (AS).*

ECE 98. (2012). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps equipped with gas-discharge light sources.*

ECE 99. (2009). *Uniform provisions concerning the approval of gas-discharge light sources for use in approved gas-discharge lamp units of power-driven vehicles.*

ECE 100. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train.*

ECE 102. (1997). *Uniform provisions concerning the approval of:*
I. A close-coupling device (CCD).
II. Vehicles with regard to the fitting of an approved type of CCD.

ECE 107. (2011). *Uniform provisions concerning the approval of category M2 or M3 vehicles with regard to their general construction.*

ECE 108. (1998). *Uniform provisions concerning the approval for the production of retreaded pneumatic tyres for motor vehicles and their trailers.*

ECE 109. (2010). *Uniform provisions concerning the approval for the production of retreaded pneumatic tyres for commercial vehicles and their trailers.*

ECE 110. (2014). *Uniform provisions concerning the approval for the production of:*

- I. *Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system.*
- II. *Vehicles with regard to the installation of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system.*

ECE 111. (2000). *Uniform provisions concerning the approval for the production of tank vehicles of categories N and O with regard to rollover stability.*

ECE 112. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing-beam or a driving-beam or both and equipped with filament lamps and/or light-emitting diode (LED) modules.*

ECE 113. (2012). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting a symmetrical passing beam or a driving beam or both and equipped with filament, gas-discharge light sources or LED modules.*

ECE 114. (2003). *Uniform provisions concerning the approval of:* I. *An airbag module for a replacement airbag system;* II. *A replacement steering wheel equipped with an airbag module of an approved type;* III. *A replacement airbag system other than that installed in a steering wheel.*

ECE 116. (2005). *Uniform provisions concerning the protection of motor vehicles against unauthorized use.*

ECE 117. (2014). *Uniform provisions concerning the approval of tyres with regard to rolling sound emissions and/or to adhesion on wet surfaces and/or to rolling resistance.*

ECE 118. (2012). *Uniform technical prescriptions concerning the burning behavior and/or the capability to repel fuel or lubricant of materials used in the construction of certain categories of motor vehicles.*

ECE 119. (2012). *Uniform provisions concerning the approval of cornering lamps for power-driven vehicles.*

ECE 122. (2006). *Uniform technical prescriptions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to their heating systems.*

ECE 123. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of adaptive front-lighting systems (AFS) for motor vehicles.*

ECE 124. (2007). *Uniform provisions concerning the approval of wheels for passenger cars and their trailers.*

ECE 125. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the forward field of vision of the motor vehicle driver.*

ECE 126. (2008). *Uniform provisions concerning the approval of partitioning systems to protect passengers against displaced luggage supplied as non original vehicle equipment.*

ECE 127. (2015). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance.*

ECE 129. (2014). *Uniform provisions concerning the approval of enhanced child restraint systems used on board of motor vehicles (ECRS)*.

ECE 130. (2013). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the lane departure warning system (LDWS)*.

ECE 131. (2014). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the Advanced Emergency Braking Systems (AEBS)*.

ECE 134. (2015). *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles and their components with regard to the safety-related performance of hydrogen-fuelled vehicles (HFCV)*.

ECE 135. (2015). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their Pole Side Impact performance (PSI)*.

Environment Canada. (2000). *Future Canadian Emission Standards for Vehicles and for Engines and Standard for Reformulation of Petroleum-Based Fuels*. Retrieved February 11th, 2011, from <http://www.ec.gc.ca/publications/790D36AA-9DA9-4A5A-BDA4-122C37A8E32C/FutureCanadianEmissionStandards.pdf>

Environmental Protection Agency. (n.d.). *EPA federal test procedure (FTP)*. Retrieved from <https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide/epa-federal-test-procedure-ftp>

Environmental Protection Agency. (2010, July). *Procedure for Importing Vehicles and Engines into the United States*. Retrieved January 27th, 2011, from <http://www.epa.gov/oms/imports/documents/420b10027.pdf>.

Environmental Protection Agency. (2005, July). *Light-Duty Vehicle and Light-Duty Truck: Clean Fuel Fleet Exhaust Emission Standards*. Retrieved January 27th, 2011, from <http://www.epa.gov/otaq/standards/light-duty/ld-cff.htm>

Faiz, A., Weaver, C. S., & Walsh, M. P. (1996). *Air pollution from motor vehicles: Standards and technologies for controlling emissions*. World Bank Publications.

Federal Motor Carrier Safety Administration. (n.d.). Part 571. *Motor Carrier Safety Standards*. Retrieved May 19th, 2010, from <http://www.fmcsa.dot.gov/rules-regulations/administration/fmcsr/FmcsrGuideDetails.aspx?menukey=571>

Federal Motor Carrier Safety Administration. (2009). *Parts and Accessories Necessary for Safe Operation*. Code of Federal Regulations, título 49, 5 (III), parte 393, pp. 388-477. Retrieved February 14th, 2011, from http://www.access.gpo.gov/nara/C.F.R./waisidx_09/49C.F.R.393_09.html

Fiscalización Técnica Vehicular. (2014). *Manual de procedimientos para la revision técnica de vehículos automotores en las estaciones de RTV*. COSEVI. Costa Rica.

FMVSS 103. (2011). *Windshield defrosting and defogging systems*. DOT, United States of America.

FMVSS 104. (2011). *Windshield wiping and washing systems*. DOT, United States of America.

FMVSS 106. (2011). *Brake hoses*. DOT, United States of America.

FMVSS 108. (2011). *Lamps, reflective devices and associated equipment*. DOT, United States of America.

FMVSS 109. (2008). *New pneumatic and certain specialty tires*. DOT, United States of America.

- FMVSS 111. (2011). *Rearview mirrors*. DOT, United States of America.
- FMVSS 112. (2008). *Theft Protection and Rollaway Prevention*. DOT, United States of America.
- FMVSS 116. (2008). *Motor vehicle brake fluids*. DOT, United States of America.
- FMVSS 117. (2009). *Retreaded pneumatic tires*. DOT, United States of America.
- FMVSS 118. (2011). *Power-operated window, partition, and roof panel system*. DOT, United States of America.
- FMVSS 119. (2008). *New pneumatic tires for motor vehicles with a GVWR of more than 4,536 kilograms (10,000 pounds) and motorcycles*. DOT, United States of America.
- FMVSS 121. (2011). *Air brake systems*. DOT, United States of America.
- FMVSS 122. (2008). *Motorcycle brake systems*. DOT, United States of America.
- FMVSS 125. (2011). *Warning devices*. DOT, United States of America.
- FMVSS 126. (2008). *Electronic stability control system*. DOT, United States of America.
- FMVSS 129. (2008). *New non-pneumatic tires for passenger cars*. DOT, United States of America.
- FMVSS 131. (2011). *School bus pedestrian safety devices*. DOT, United States of America.
- FMVSS 135. (2008). *Light Vehicle Brake Systems*. DOT, United States of America.
- FMVSS 138. (2011). *Tire pressure monitoring systems*. DOT, United States of America.
- FMVSS 139. (2008). *New pneumatic radial tires for light vehicles*. DOT, United States of America.
- FMVSS 201. (2008). *Occupant protection in interior impact*. DOT, United States of America.
- FMVSS 202a. (2011). *Head restraints*. DOT, United States of America.
- FMVSS 203. (2008). *Impact protection for the driver from the steering control system*. DOT, United States of America.
- FMVSS 204. (2008). *Steering control rearward displacement*. DOT, United States of America.
- FMVSS 205. (2008). *Glazing materials*. DOT, United States of America.
- FMVSS 206. (2008). *Door locks and door retention components*. DOT, United States of America.
- FMVSS 207. (2008). *Seating systems*. DOT, United States of America.
- FMVSS 208. (2009). *Occupant crash protection*. DOT, United States of America.
- FMVSS 209. (2009). *Seat belt assemblies*. DOT, United States of America.
- FMVSS 210. (2009). *Seat belt assembly anchorages*. DOT, United States of America.
- FMVSS 2012. (2009). *Windshield mounting*. DOT, United States of America.

- FMVSS 213. (2011). *Child restraint systems*. DOT, United States of America.
- FMVSS 209. (2009). *Side impact protection*. DOT, United States of America.
- FMVSS 216a. (2009). *Roof crush resistance*. DOT, United States of America.
- FMVSS 217. (2009). *Bus emergency exits and window retention and release*. DOT, United States of America.
- FMVSS 218. (2011). *Motorcycle helmets*. DOT, United States of America.
- FMVSS 219. (2009). *Windshield zone intrusion*. DOT, United States of America.
- FMVSS 220. (2009). *School bus rollover protection*. DOT, United States of America.
- FMVSS 221. (2009). *School bus body joint strength*. DOT, United States of America.
- FMVSS 222. (2009). *School bus passenger seating and crash protection*. DOT, United States of America.
- FMVSS 223. (2009). *Rear impact guards*. DOT, United States of America.
- FMVSS 225. (2009). *Child restraint anchorage systems*. DOT, United States of America.
- FMVSS 226. (2011). *Ejection mitigation*. DOT, United States of America.
- FMVSS 301. (2009). *Fuel system integrity*. DOT, United States of America.
- FMVSS 302. (2009). *Flammability of interior materials*. DOT, United States of America.
- FMVSS 303. (2009). *Fuel system integrity of compressed natural gas vehicles*. DOT, United States of America.
- FMVSS 304. (2009). *Compressed natural gas fuel container integrity*. DOT, United States of America.
- FMVSS 305. (2009). *Electric-powered vehicles: electrolyte spillage and electrolyte shock protection*. DOT, United States of America.
- FMVSS 403. (2011). *Platform lift systems for motor vehicles*. DOT, United States of America.
- FMVSS 500. (2011). *Low-speed vehicles*. DOT, United States of America.
- Furas, A. y Sandner, V. (2014). *The Pilot Phases of Latin NCAP: how far is the market from improvement?*. Mobility in a Globalised World 2012, 9(23).
- Gamboa, B. (Julio, 2005) *Constitucionalidad de la Regulación de los Sistemas de seguridad Automotriz* [Trabajo final de graduación]. Universidad de Costa Rica.
- Germanischer Lloyd Aktiengesellschaft. (2000). *Rules for classification and construction: Materials and welding: Design, fabrication and inspection of welded joints*. Hamburg: Germany. Retrieved from http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl_ii-3-2_e.pdf

Grygier, P., Garrett, W., Salaani, M., Heydinger, G., Schwarz, C., Brown, T. y Reyes, M. (2007). *Study of heavy truck air disc brake effectiveness on the national advanced driving simulator*. The 20th ESV Conference Proceedings. Artículo número 07-0290

Hiltunen, J. (2002). *Accurate color measurement*. University of Joensuu. ISBN 952-458-077-2.

Insurance Institute for Highway Safety. (2014). *Moderate Overlap frontal crashworthiness evaluation: Crash test protocol (Version XV)*. Retrieved June 3rd, 2016 from <http://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>

ISO 7637-2. *Road vehicles-Electrical Disturbances from Conduction and Coupling. Part 2: Electrical Transient Conduction Along Supply Lines Only*. 2004-06-15. Geneva, Switzerland.

ISO 6722. *Road vehicles – 60 V and 600 V single-core cables- dimensions, test methods and requirements*. 2006-08-01. Geneva, Switzerland.

ISO 7866. *Gas cylinders - Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders - Design, construction and testing*. 1999-06-15. Geneva, Switzerland.

ISO 10605. *Road vehicles – Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharge*. 2008-07-15. Geneva, Switzerland.

ISO 12097. *Road vehicles – Airbag components – Part 2: Testing of airbag modules*. 1996-08-15. Geneva, Switzerland.

Lambert, J. y Rechnitzer, G. (2002). *Review of truck safety: Stage 1: frontal, side and rear underrun protection*. Monash University accident research centre.

Latter, P. y Walton, D. (1988). *The cotton strip assay for cellulose decomposition studies in soil: history of the assay and development*. In: Harrison, A. Latter, P y Walton, D. Cotton Strip assay: an index of decomposition in soils. Grange-over-sands, NERC/ITE, 7-10 (ITE Symposium, 24).

Ley N° 7600 y sus reformas. (1996). *Ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad*. Costa Rica.

Ley N° 9078. (2012). *Ley de tránsito por vías públicas terrestres y seguridad vial*. Costa Rica.

Maximun Integrated. (2007). *Understanding the IP (Ingress Protection) ratings of iButton data loggers and capsule*. Retrieved December 2nd, 2013, from <http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/4126>

Motorcycle Helmet Regulations. (2011). Retrieved, September 18th, 2011, from <https://www.justice.gov.nt.ca/en/files/legislation/motor-vehicles/motor-vehicles.r10.pdf>

The National Business and Trade Help Center. (2010, May). *Importing Cars-Car Importing*. Retrieved May 8th, 2010, from <http://www.importexporthelp.com/importing-cars.htm>

National Highway Traffic Safety Administration. (2010, September). *List of nonconforming motor vehicles that are eligible for importation (by or through a registered importer)*. Retrieved January 20th, 2011, from <http://icsw.nhtsa.gov/cars/rules/import/elig092210.pdf>

NHTSA. (n.d.). *Requirements for importing vehicles into the United States*. Washington, DC. Retrieved May 13th, 2010, from <http://www.sddc.army.mil/sddc/Content/Pub/13892/dbcn13892.pdf>

National Highway Traffic Safety Administration. (2004). *Quick reference guide to Federal Motor Vehicle*

Safety Standard and Regulations. DOT HS 805 878.

National Highway Traffic Safety Administration. (2006, August). *Proposed FMVSS No. 126: Electronic Stability Control System*. Retrieved June 30th, 2010, from http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Rulemaking/Rules/Associated%20Files/ESC_PRIA.pdf

O'Hara, M. (2007). *Electrostatic discharge testing for automotive applications: Understanding differences from commercial ESD testing is key to successful compliance*. Retrieved from <http://www.autoemc.net/Papers/Other/ESD%20Conformity%20Feb07.pdf>

PLASCORE. (n.d.). *Crash test barriers for automotive safety testing*. Retrieved May 18th, 2016 from <http://www.plascore.com/products/energy-absorbition/crash-test-barriers/>

Registrar of Imported Vehicles. (2010). *List of vehicles admissible from the United States*. Retrieved May 14th, 2010, from <http://www.riv.ca/BeforeYouImport.aspx>.

SA J575. (1988). *Tests for motor vehicle lighting devices components*. SAE.

SAE J578. (1995). *Color specifications for electric signal lighting devices*. SAE.

SAE J839B. (1965). *Passenger car side door latch system*. SAE.

SAE J902. (2003). *Surface vehicle recommended practice: Passenger car windshield and defrosting systems*. SAE.

SAE J964. (1984). *Test procedure for determining reflectivity of rear view mirrors*. SAE.

SAE J1133. (1984). *School bus stop arm*. SAE.

SAE J1383. (2005). *Performance requirements for replaceable bulb motor vehicle headlamps*. Retrieved from <http://wenku.baidu.com/view/d8576e6baf1ffc4ffe47ac6a>

School Bus Manufacturers. (2004, May). *Mini guide to the federal motor vehicle safety standards and related regulations*. Retrieved May 13th, 2010, from <http://www.nasdpts.org/documents/PubSBMTCTMiniGuide04.pdf>

Tarbet, M. (2004, December). *Cost and weigh added by the Federal Motor Vehicle Safety Standards for model years 1968-2001 in passenger cars and light trucks (Reporte Técnico)*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

Transport Canada. (1992, October). *Test method 903: C-Dolly*. Retrieved April 20th, 2016, from https://www.tc.gc.ca/media/documents/roadsafety/903_TM_oct_1992R.pdf

Transport Canada. (1996, December). *Test Method 208: Occupant restraint systems in frontal impact*. Retrieved February 2nd, 2011, from http://www.tc.gc.ca/roadsafety/safevehicles/mvstm_tsd/tm/pdf/2080_e.pdf

Transport Canada. (2012, May). *Test method 213: Child restraint systems*. Retrieved March 18th, 2015, from http://www.tc.gc.ca/media/documents/roadsafety/213_TM_may_2012.pdf

Transport Canada. (2012, May). *Test method 213.1: Infant restraint systems*. Retrieved March 18th, 2015, from http://www.tc.gc.ca/media/documents/roadsafety/213_1_TM_May_2012f.pdf

Transport Canada. (2012, May). *Test method 213.2: Booster seats*. Retrieved March 18th, 2015, from http://www.tc.gc.ca/media/documents/roadsafety/213.2_TM_May_2012R.pdf

Transport Canada. (2012, May). *Test method 213.3: Restraint systems for disabled persons*. Retrieved March 18th, 2015, from http://www.tc.gc.ca/media/documents/roadsafety/213.3_TM_May_2012R.pdf

Transport Canada. (2012, May). *Test method 213.5: Restraint systems for infants with special needs*. Retrieved March 18th, 2015, from http://www.tc.gc.ca/media/documents/roadsafety/213.5_TM_mai_2012R-eng.pdf

Transport Canada. (2003, December). *Test Method 223: Rear impact guard*. Retrieved January 7th, 2011, from http://www.tc.gc.ca/roadsafety/safevehicles/mvstm_tsd/tm/pdf/2230_e.pdf

Transport Canada. (1998, August). *Test Method 905: Trailer Cargo Anchoring Devices*. Retrieved January 9th, 2011, from http://www.tc.gc.ca/roadsafety/safevehicles/mvstm_tsd/tm/pdf/9050_e.pdf

Transportation Equipment Noise Emission Controls, 40 C.F.R §205 (2011).

UNECE. (n.d.). WP.29 introduction. Retrieved, September 22nd, 2015, from <http://www.unece.org/trans/main/wp29/introduction.html>

Wilson, S. (1992, October). *Motor Vehicle Safety Methods. Section 903: C-Dolly*. Recuperado el 08-02-11 de http://www.tc.gc.ca/roadsafety/safevehicles/mvstm_tsd/tm/pdf/9030_e.pdf

Woodrooffe, J., LeBlanc, P. y El-Gindy, M. National Research Council of Canada. (n.d.). *Development of Design and Operational Guidelines for the C-Converter Dolly*. Retrieved February 8th, 2011, from <http://road-transport-technology.org/Proceedings/2%20-%20ISHVWD/Vol%201/DEVELOPMENT%20OF%20DESIGN%20AND%20OPERATIONAL%20GUIDELINES%20FOR%20THE%20C-CONVERTER%20DOLLY%20-%20Woodrooffe%20>

4 Wheel Parts. (n.d.). *Wheel backspacing and wheel offset*. Retrieved July 15th, 2016 from <http://www.4wheelparts.com/tire-wheel-package-guide/wheel-offset-backspacing>.

APÉNDICE 1

Cuadros comparativos de las normas de importación de vehículos en Costa Rica, los Estados Unidos de América, Canadá y la Unión Europea.



En estos cuadros comparativos la (x) indica que en algún país o región SÍ se realizan las pruebas, mientras que el (-) indica que NO. Además el símbolo (*) se utiliza para indicar que las pruebas son opcionales y los símbolos (°) y (&) para dar notas aclaratorias.

Además, cabe destacar que muchas de las pruebas realizadas en Costa Rica no se llevan a cabo en los EEUU, Canadá ni la Unión Europea como ensayos para evaluar la conformidad para la importación de vehículos, debido a que las pruebas que se hacen en Costa Rica fueron diseñadas principalmente para evaluar el estado de los vehículos y reforzar las buenas prácticas de mantenimiento. Por lo tanto, puede ser que en esas otras regiones también se lleven a cabo evaluaciones similares a las realizadas en Costa Rica, pero con el objetivo de hacer inspecciones vehiculares periódicas sobre el estado y mantenimiento de los vehículos y no para determinar si los vehículos son importables o no.

Sistemas de descongelamiento y desempañado del parabrisas

Tipo de prueba	FMVSS 103	CMVSS103	Unión Europea	Costa Rica
Prueba de descongelamiento del parabrisas	x	x	—	—
Prueba de desempañado del Parabrisas	x	x	—	—

Sistema de barrido y sistema de lavado del parabrisas

	FMVSS 104	CMVSS 104	Unión Europea	Costa Rica
Medición de la frecuencia de barrido	x	x	—	—
Tamaño del área limpiada	x	x	—	—
Capacidad de limpieza del sistema	x	x	—	—
Inspección Visual del Funcionamiento del sistema	—	—	—	x
Inspección visual estado de las escobillas	—	—	—	x

Sistema de frenos hidráulicos y eléctricos

Tipo de prueba	FMVSS 105	CMVSS 105	Unión Europea	Costa Rica
Prueba de efectividad 1 (todos los vehículos)	x	x	•	—
Acondicionamiento de los frenos 1	x	x	•	—
Prueba de estabilidad y control durante el frenado (vehículos de 4,54 ton o más)	x	x	•	—
Acondicionamiento de los frenos 2	x	x	•	—
Desempeño de los sistemas de frenos	x	x	•	—
Prueba de efectividad 2 (vehículos de 4,54 ton o más)	x	x	•	—
Prueba de frenado simulando el fallo parcial del sistema de frenos, que incluye el fallo de los ABS	x	x	•	—
Prueba de frenado con la unidad de potencia o la unidad de asistencia desactivada	x	x	•	—
Prueba de la pérdida de desempeño a causa del calentamiento y recuperación de los frenos 1	x	x	•	—
Acondicionamiento de los frenos 3	x	x	•	—
Prueba de la pérdida de desempeño a causa del calentamiento y recuperación de los frenos 2	x	x	•	—
Acondicionamiento de los frenos 4	x	x	•	—
Prueba de estabilidad de frenado de los vehículos de pasajeros	x	x	•	—
Prueba de frenado en una carretera mojada	x		•	—
Prueba de frenazos abruptos consecutivos	x	x	•	—

• La unión Europea no establece una clasificación especial para los frenos hidráulicos y eléctricos, por lo que no se incluyeron en este cuadro comparativo, pero se encuentran en la regulación ECE 13

Estado de los sistemas de frenos

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	Unión Europea	Costa Rica°
Medición del desequilibrio de los frenos con un frenómetro	–	–	–	X
Medición de la eficacia de los frenos de servicio con un frenómetro	–	–	–	X
Medición de la eficacia de los frenos de estacionamiento con un frenómetro	–	–	–	X
Inspección visual del funcionamiento del pedal de frenos	–	–	–	X
Inspección visual del funcionamiento del servofreno	–	–	–	X
Inspección visual del estado de las fibras de freno	–	–	–	X
Inspección visual del estado de los tambores y discos	–	–	–	X
Inspección visual del estado de los cables, varillas, palancas y uniones	–	–	–	X

•Estas inspecciones se aplican a los sistemas de frenos hidráulicos, eléctricos y/o neumáticos. Estas pruebas también contemplan a las motocicletas cuando se puede aplicar.

Sistemas de frenos de los vehículos livianos

Tipo de prueba	FMVSS 135	CMVSS 135	ECE 13h	Costa Rica
Secuencia de bloqueo de las ruedas	X	X	X	—
Utilización de la adherencia	X	X	X	—
Efectividad de frenado en frío	X	X	X	—
Efectividad a altas velocidades	X	X	X	—
Frenado con el motor apagado	X	X	X	—
Fallo funcional del sistema antibloqueo	X	X	—	—
Fallo del sistema de graduación de los frenos variables	X	X	—	—
Fallo en las líneas hidráulicas	X	X	—	—
Desactivación de la unidad de suministro de energía	X	X	—	—
Capacidad del freno de parqueo de retener el vehículo en una pendiente	X	X	X	—
Desempeño del freno de parqueo	—	—	X	—
Reducción del desempeño a causa del calentamiento	X	X	X	—
Desempeño con los frenos calientes	X	X	X	—
Prueba de recuperación de la capacidad de frenado	X	X	X	—
Desempeño de los frenos ABS ante aplicaciones de largo periodo de tiempo	—	—	X	—
Prueba de los frenos ABS en una superficie con coeficiente de adhesión alto	—	—	X	—
Prueba de los frenos ABS en una superficie con coeficiente de adhesión bajo	—	—	X	—
Prueba de los frenos ABS entre una superficie con coeficiente de adhesión alto y una con un coeficiente de fricción bajo	—	—	X	—
Prueba de los frenos ABS entre una superficie con coeficiente de adhesión bajo y una con un coeficiente de fricción alto	—	—	X	—
Prueba de los frenos ABS entre una pista de pruebas en la que las llantas de un lado del vehículo se encuentran en una superficie con coeficiente de adhesión bajo y las otras en una con un coeficiente de fricción alto	—	—	X	—
Desempeño de los servofrenos de emergencia	—	—	X	—

Mangueras de frenos 1

Mangueras hidráulicas

Tipo de prueba	FMVSS 106	CMVSS 106	Unión Europea	Costa Rica
Constricción	x	x	—	—
Expansión	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión	x	x	—	—
Prueba de resistencia a fallar por moverse de forma ondulatoria debido a pulsaciones inducidas por el flujo o por el movimiento del vehículo	x	x	—	—
Resistencia a la tensión	x	x	—	—
Resistencia a baja temperatura	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la corrosión en los acoples	x	x	—	—
Prueba de resistencia al ozono	x	x	—	—
Prueba de absorción de agua	x	x	—	—
Prueba de compatibilidad con el fluido de freno	x	x	—	—
Prueba de impulso a alta temperatura	x	x	—	—
Prueba dinámica de ozono	x	x	—	—
Resistencia a la alta temperatura	x	x	—	—
Mangueras en general				
Tipo de prueba	FMVSS 106	CMVSS 106	Unión Europea	Costa Rica
Inspección visual del estado de las mangueras	—	—	—	x

Mangueras de frenos 2

Mangueras de aire

Tipo de prueba	FMVSS 106	CMVSS 106	Unión Europea	Costa Rica
Constricción	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión	x	x	—	—
Resistencia a la tensión	x	x	—	—
Resistencia a baja temperatura	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la corrosión en los acoples	x	x	—	—
Prueba de absorción de agua	x	x	—	—
Prueba dinámica de ozono	x	x	—	—
Resistencia a la alta temperatura	x	x	—	—
Resistencia al aceite	x	x	—	—
Prueba de cambio de longitud	x	x	—	—
Prueba de adhesión	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la flexión y a la presión de aire	x	x	—	—
Resistencia a la corrosión y a la falla por presión	x	x	—	—
Prueba de resistencia al cloruro de zinc	x	x	—	—
Prueba de adhesión para las mangueras que reforzadas con un cable	x	x	—	—

Mangueras de vacío

Tipo de prueba	FMVSS 106	CMVSS 106	Unión Europea	Costa Rica
Constricción	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión	x	x	—	—
Resistencia a la tensión	x	x	—	—
Resistencia a baja temperatura	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la corrosión en los acoples	x	x	—	—
Prueba dinámica de ozono	x	x	—	—
Resistencia a la alta temperatura	x	x	—	—
Prueba de resistencia al vacío	x	x	—	—
Prueba de dobladura	x	x	—	—
Prueba de adhesión e hinchamiento	x	x	—	—

Mangueras de frenos 3

Tubos de plástico flexible

Tipo de prueba	FMVSS 106	CMVSS 106	Unión Europea	Costa Rica
Constricción	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la ruptura debida a la presión	x	x	—	—
Resistencia a la tensión	x	x	—	—
Prueba dinámica de ozono	x	x	—	—
Resistencia a la alta temperatura Prueba de resistencia al cloruro de zinc	x	x	—	—
Prueba de estabilidad dimensional y condición a alta temperatura	x	x	—	—
Prueba de estabilidad dimensional y acondicionamiento en agua hirviendo	x	x	—	—
Prueba de absorción de humedad y resistencia a la falla debida a la presión	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la luz ultravioleta	x	x	—	—
Prueba de flexibilidad a baja temperatura	x	x	—	—
Prueba de flexibilidad a alta temperatura	x	x	—	—
Prueba de acondicionamiento a alta temperatura y resistencia al impacto a baja temperatura	x	x	—	—
Acondicionamiento en agua caliente y prueba de impacto a baja temperatura	x	x	—	—
Prueba de resistencia al alcohol metilo	x	x	—	—
Prueba de acondicionamiento a alta temperatura y de resistencia al colapso	x	x	—	—
Prueba de resistencia al aceite	x	x	—	—

Mangueras de frenos 4

Tubos de plástico flexible

Tipo de prueba	FMVSS 106	CMVSS 106	Unión Europea	Costa Rica
Acondicionamiento en agua hirviendo y prueba de resistencia a la tensión	x	x	—	—
Acondicionamiento térmico y prueba de tensión	x	x	—	—
Prueba de resistencia a las vibraciones	x	x	—	—
Prueba de retención de los elementos de sujeción	x	x	—	—
Acondicionamiento térmico y prueba de retención de los elementos de sujeción	x	x	—	—
Desempeño de las uniones de los tubos	x	x	—	—
Prueba de corrosión de las uniones	x	x	—	—
Inspección visual del estado de los tubos	—	—	—	x

Ventanas, sistemas de particiones y techo solar eléctrico

Tipo de prueba	FMVSS 118	CMVSS 118	ECE 21 y ECE 126	Costa Rica
Evaluación de los sistemas de detección de obstrucciones por contacto físico o por deflexión de la luz	x	x	x	—
Evaluación de los sistemas infrarrojos de detección de obstrucciones	x	x	—	—
Medición de la longitud de onda de la luz infrarroja de los sistemas infrarrojos de detección de obstrucciones	x	x	—	—
Resistencia de las particiones de los vehículos de la categoría M ₁	—	—	x	—
Inspección visual de la existencia y estado de las ventanas	—	—	—	x

Luces, elementos reflectantes y equipos similares

Tipo de prueba	FMVSS 108	CMVSS 108	Diversas normas ECE ^o	Costa Rica
Prueba de fotometría	x	x	x	
Prueba del desempeño de los materiales ópticos hechos de plástico	x	x	—	
Prueba de color	x	x	x	
Prueba de abrasión	x	x	x	
Prueba de resistencia química	x	x	x	
Prueba de corrosión	x	x	—	
Prueba de resistencia al polvo	x	x	—	
Prueba de resistencia a la temperatura y al calor interno	x	x	—	
Prueba de resistencia a la humedad	x	x	—	
Prueba de resistencia a la vibración	x	x	—	
Prueba de sellado	x	x	—	
Prueba de resistencia química y a la corrosión de los reflectores de los focos a los que se les cambia el bulbo	x	x	—	
Estabilidad fotométrica	—	—	x	
Cambio vertical de la línea de corte del haz de luz	—	—	x	
Resistencia a la temperatura de los focos plásticos	—	—	x	
Resistencia a agentes atmosféricos, de los focos plásticos	—	—	x	
Adherencia de los recubrimientos de los focos plásticos	—	—	x	
Resistencia al calor	—	—	x	
Encendido	—	—	x	
Encendido en caliente	—	—	x	
Funcionamiento	—	—	x	
Medición del flujo luminoso	—	—	x	
Variación de la altura de la línea decorte de las luces bajas según el estado de carga del vehículo	—	—	x	—
Geometría del haz de luz de las luces de las motocicletas	—	—	x	—
Comprobación del haz de las luces altas y bajas por medio de un - regloscopio	—	—	—	x
Inspección visual del funcionamiento, estado y características de las luces altas, bajas, direccionales, de freno, de emergencia, de placa, de posición, antiniebla, demarcadoras y de marcha atrás, etc.	—	—	—	x

^o Incluye las regulaciones vehiculares ECE 1, 5, 6, 7, 8, 20, 23, 31, 37, 38, 48, 50, 53, 72, 76, 77, 82, 87, 91, 98, 99, 112, 113, 119, 123 y 128

Espejos retrovisores

Tipo de prueba	FMVSS 111	CMVSS 111	ECE 46 y ECE 81	Costa Rica
Medición de reflectividad	x	x	x	—
Medición del radio de curvatura de los espejos convexos	x	x	—	—
Visibilidad lateral y trasera de los espejos retrovisores externos de los buses escolares	x	x	—	—
Prueba de impacto	—	—	x	—
Prueba de flexión	—	—	x	—
Inspección visual de la existencia y estado de los espejos retrovisores exteriores	—	—	—	x

Llantas neumáticas nuevas

Tipo de prueba	FMVSS 109	CMVSS 109	ECE 30, ECE 54, ECE 62° y ECE 117	Costa Rica ^{&}
Corroboración de dimensiones	x	x	x	—
Resistencia de la carcasa de las llantas sin cámara	x	x	—	—
Resistencia a la perforación	x	x	—	—
Rendimiento de la llanta	x	x	x	—
Desempeño a altas velocidades	x	x	x	—
IDesempeño de las llantas desinfladas (cuando están diseñadas para trabajar desinfladas bajo ciertas condiciones)	—	—	—	x
Agarre en superficies mojadas	—	—	x	—

[°]Aplica a las llantas de repuesto

[&]En Costa Rica se realiza una inspección visual del estado de las llantas sin importar si son nuevas o usadas

Llantas neumáticas reencauchadas

Tipo de prueba	FMVSS 117	Canadá	ECE 108 y ECE 109	Costa Rica ^{&}
Corroboración de dimensiones	x	—	—	—
Resistencia de la carcasa de las llantas sin cámara	x	—	—	—
Resistencia a la perforación	x	—	—	—
Rendimiento de la llanta o desempeño bajo carga	x	—	—	—
Desempeño a altas velocidades	—	—	x	—
Inspección visual del estado y de las características de las llantas	—	—	x	x

[&]En Costa Rica se realiza una inspección visual del estado de las llantas sin importar si son reencauchadas o no

Llantas neumáticas nuevas para vehículos de más de 4.5 toneladas y motocicletas

Tipo de prueba	FMVSS 119	Canadá	ECE 75	Costa Rica [°]
Durabilidad	x	—	x	—
Resistencia a la penetración	x	—	—	—
Desempeño a altas velocidades	x	—	—	—
Rendimiento de las llantas de las motocicletas y scooters	x	—	x	—
Crecimiento dinámico de las llantas de las motocicletas y scooters	x	—	—	—

[°] En Costa Rica se realiza una inspección visula del estado de las llantas sin importar si son nuevas o no

Llantas no neumáticas nuevas para vehículos de pasajeros

Tipo de prueba	FMVSS 119	Canadá	Unión Europea	Costa Rica [°]
Resistencia lateral	x	—	—	—
Resistencia a la penetración	x	—	—	—
Durabilidad	x	—	—	—
Desempeño a altas velocidades	x	—	—	—

[°] En Costa Rica se realiza una inspección visula del estado de las llantas sin importar si son nuevas o no

Llantas radiales nuevas de vehículos livianos

Tipo de prueba	FMVSS 139	Canadá	ECE	Costa Rica [°]
Corroboración de las dimensiones	x	x	—	—
Desempeño a altas velocidades	x	x	—	—
Durabilidad	x	x	—	—
Desempeño cuando los neumáticos están desinflados	x	x	—	—
Resistencia a la penetración	x	x	—	—
Resistencia de la carcasa de las llantas radiales sin cámara	x	x	—	—

[°] En Costa Rica se realiza una inspección visula del estado de las llantas sin importar si son nuevas o no

Sistemas electrónicos para el control de la estabilidad

Tipo de prueba	FMVSS 126	CMVSS 126	ECE 13 y 13h	Costa Rica
Prueba de estabilidad de conducción	x	x	x	—
Verificación de los indicadores en el panel	x	x	x	—

Sistema de monitoreo de la presión de las llantas

Tipo de prueba	FMVSS 138	Canadá	ECE 64	Costa Rica
Funcionamiento del sistema	x	—	x	—
Indicación de falla en el sistema	x	—	x	—

Componentes de las cerraduras y de retención de las puertas

Tipo de prueba	FMVSS 206	CMVSS 206	ECE 11	Costa Rica
Resistencia estática de las cerraduras y bisagras	x	x	x	—
Resistencia a cargas de inercia de las cerraduras y bisagras	x	x	x	—
Inspección visual del estado y funcionamiento de las bisagras y cerraduras	—	—	—	x

Anclajes de los sistemas de cinturones de seguridad

Tipo de prueba	FMVSS 210	CMVSS 210	ECE 14	Costa Rica
Resistencia estática	x	x	x	—
Inspección visual del estado de los anclajes	—	—	—	x

Montaje del parabrisas

Tipo de prueba	FMVSS 212	CMVSS 212	Unión Europea	Costa Rica
Prueba de choque frontal contra barrera rígida	x	x	—	—

Alarmas, sistema antirrobo y protección contra el rodamiento involuntario

Tipo de prueba	FMVSS 114	CMVSS 114	Unión Europea ^o	Costa Rica
Prueba de prevención contra el rodamiento involuntario	x	—	—	—
Prueba de funcionamiento después del desgaste	—	x	x	—
Resistencia al torque	—	x	x	—
Resistencia de las alarmas e inmovilizadores a cambios de voltaje y temperatura	—	x	x	—
Resistencia de las alarmas e inmovilizadores a la intemperie	—	x	x	—
Protección de las alarmas contra la intrusión de objetos en sus componentes	—	x	x	—
Protección de las alarmas e inmovilizadores contra la inversión de la polaridad	—	x	x	—
Protección de las alarmas e inmovilizadores ante cortos circuitos	—	x	x	—
Resistencia de las alarmas e inmovilizadores a las vibraciones	—	x	x	—
Resistencia de las alarmas e inmovilizadores a las perturbaciones electrostáticas	—	x	x	—
Resistencia de las alarmas e inmovilizadores a las perturbaciones producidas en la línea de suministro	—	x	x	—
Resistencia de las alarmas e inmovilizadores a las radiaciones de alta frecuencia y emisión de radiaciones	—	x	x	—
Durabilidad de las alarmas	—	x	x	—
Activación de las alarmas	—	x	x	—
Protección ante falsas alarmas	—	x	x	—
Características de funcionamiento de las alarmas	—	x	x	—
Consumo de energía de las alarmas e inmovilizadores	—	x	x	—
Resistencia del interruptor externo de las alarmas	—	x	x	—
Protección del compartimiento de pasajeros ofrecida por las alarmas	—	x	x	—

^o En la Unión Europea los requerimientos y pruebas de las alarmas y sistemas antirrobo están estipulados en las normas ECE 18, 62, 97 y 116

Fluidos de freno

Tipo de prueba	FMVSS 116	CMVSS 116	ECE	Costa Rica
Punto de ebullición de reflujo estable	x	x	—	—
Punto de ebullición húmedo de reflujo estable	x	x	—	—
Viscosidad cinemática	x	x	—	—
Valor del pH	x	x	—	—
Estabilidad del líquido de frenos	x	x	—	—
Prueba de corrosión	x	x	—	—
Fluidez y apariencia a bajas temperaturas	x	x	—	—
Tolerancia al agua	x	x	—	—
Compatibilidad con otros líquidos de freno	x	x	—	—
Resistencia a la oxidación	x	x	—	—
Efecto en las copas de hule	x	x	—	—
Comportamiento ante condiciones de operación	x	x	—	—
Inspección visual del nivel del líquido de frenos	—	—	—	x

Protección contra la eyección de los pasajeros

Tipo de prueba	FMVSS 226	Canadá	Unión Europea	Costa Rica
Impacto lateral desde el interior	x	—	—	—

Sistemas de frenos de aire comprimido

Tipo de prueba	FMVSS 121	CMVSS 121	Unión Europea	Costa Rica
Desgaste de los frenos	X	X	°	—
Distancia de frenado en pista plana	X	X	°	—
Pruebas de freno en dinamómetro	X	X	°	—
Pruebas de estabilidad de frenado	X	X	°	—
Tiempo de actuación	X	X	°	—
Tiempo de apertura de los frenos	X	X	°	—
Potencia de frenado (en dinamómetro)	X	X	°	—
Recuperación de los frenos	X	X	°	—
Freno de parqueo	X	X	°	—
Inspección visual de para determinar la existencia y evaluar el estado de la válvula sensora de carga	—	—	—	X
Inspección visual del estado y funcionamiento del compresor y de los depósitos	—	—	—	X
Estado y funcionamiento de las válvulas de frenado	—	—	—	X
Inspección visual de las cámaras de aire (pulmones)	—	—	—	X

° La Unión Europea no establece una clasificación especial para los frenos neumáticos, sino que ellos clasifican las normas de acuerdo al peso del vehículo, por lo que no se incluyeron en este cuadro comparativo, pero se encuentran en la regulación ECE 13

Sistemas de frenos de vehículos de motor 1

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 13	Costa Rica
Frenos de servicio				
Desempeño de los frenos fríos	°	°	X	—
Reducción de la capacidad de frenado a causa del calentamiento	°	°	X	—
Frenado cuesta abajo	°	°	X	—
Resistencia de los sistemas de frenos	°	°	X	—
Sistema de frenos secundario				
Prueba con los frenos en frío simulando el fallo en el freno de servicio	°	°	X	—
Frenos regenerativos: prueba simulando el fallo total del sistema eléctrico	°	°	X	—
Frenos regenerativos: falla del sistema eléctrico haciendo que se entregue la máxima potencia de frenado	°	°	X	—
Freno de estacionamiento				
Retención del vehículo en una pendiente	°	°	X	—
Prueba con los frenos fríos	°	°	X	—
Frenado residual después de un fallo en la transmisión	°	°	X	—
Capacidad de frenado residual	°	°	X	—
Frenos de los vehículos de la categoría O				
Prueba de reducción de la capacidad de frenado a causa del calentamiento	°	°	X	—
Retención del vehículo en una pendiente	°	°	X	—
Tiempo de respuesta				
Prueba del tiempo de respuesta	°	°	X	—
Tiempo para llenar los reservorios	°	°	X	—
Capacidad de acumulación de energía de los acumuladores	°	°	X	—

° La Unión Europea no establece una clasificación especial para los frenos neumáticos, sino que ellos clasifican las normas de acuerdo al peso del vehículo, por lo que no se incluyeron en este cuadro comparativo, pero se encuentran en la regulación ECE 13

Sistemas de frenos de vehículos de motor 2

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 13	Costa Rica
Distribución de frenado entre los ejes de los vehículos				
Determinación de las curvas de adherencia	o	o	x	—
Evaluación de la secuencia bloqueo de las llantas	o	o	x	—
Determinación de la curva de la tasa de frenado vrs presión de aire (frenos de aire)	o	o	x	—
Vehículos con frenos ABS				
Prueba de frenado en superficie con coeficiente de fricción bajo	o	o	x	—
Prueba de frenado en superficie con coeficiente de fricción alto	o	o	x	—
Determinación de la adhesión en una superficie con coeficiente de fricción bajo	o	o	x	—
Determinación de la adhesión en una superficie con coeficiente de fricción alto	o	o	x	—
Frenado en una superficie donde el coeficiente de fricción cambia de alto a bajo	o	o	x	—
Frenado en una superficie donde el coeficiente de fricción cambia de bajo a alto	o	o	x	—
Prueba de los frenos ABS entre una pista de pruebas en la que las llantas de un lado del vehículo se encuentran en una superficie con coeficiente de adhesión bajo y las otras en una con un coeficiente de fricción alto	o	o	x	—
Sistemas de frenos electrónicos de los remolques				
Desempeño de frenado	o	o	x	x

Sistemas de frenos de las motocicletas

Tipo de prueba	FMVSS 122	CMVSS 122	ECE 78	Costa Rica
Prueba de efectividad usando ambos sistemas de frenos	x	x	x	—
Prueba de efectividad parcial	x	x	x	—
Prueba de pérdida y recuperación de la capacidad de frenado bajo condiciones secas y húmedas	x	x	—	—
Frenos de parqueo	x	x	x	—
Frenado desde una alta velocidad	—	—	x	—
Frenado con los frenos húmedos	—	—	x	—
Pérdida del rendimiento a causa del calentamiento	—	—	x	—
Prueba del sistema ABS: frenado en una superficie con un coeficiente de fricción alto	—	—	x	—
Prueba del sistema ABS: frenado en una superficie con un coeficiente de fricción bajo	—	—	x	—
Prueba del sistema ABS: chequeo del bloqueo de las llantas al frenar en superficies con coeficientes de fricción altos y bajos	—	—	x	—
Prueba del sistema ABS: frenado en una transición desde una superficie con un coeficiente de fricción alto a una con un coeficiente de fricción bajo	—	—	x	—
Prueba del sistema ABS: frenado en una transición desde una superficie con un coeficiente de fricción bajo a una con un coeficiente de fricción alto	—	—	x	—
Prueba del sistema ABS: frenado simulando una falla eléctrica del sistema ABS	—	—	x	—
Falla parcial de los sistemas de frenos divididos	—	—	x	—
Falla del sistema de asistencia de los frenos	—	—	x	—

Protección de los ocupantes contra impactos en el interior del vehículo

Tipo de prueba	FMVSS 201	CMVSS 201	ECE 21 y ECE 135	Costa Rica
Resistencia del mecanismo de cierre de las puertas de los compartimiento interiores	x	x	—	—
Prueba de impacto contra una barrera rígida	x	x	—	—
Prueba de impacto lateral contra un poste rígido	x	x	x	—
Severidad del impacto en la cabeza en diversas partes del vehículo	x	—	—	—
Severidad del impacto en la cabeza contra el respaldo de las sillas	x	x	—	—
Contacto de los radios de curvatura pequeños de los bordes rígidos de ciertos elementos	x	x	—	—
*Determinación de la zona de contacto (zona de referencia) usando un maniquí de medición	—	—	x	—
Capacidad de disipar energía de los elementos interiores	—	—	x	—
Determinación del tamaño de las protuberancias	—	—	x	—
Estudio del comportamiento de las protuberancia ante una carga estática	—	—	x	—
Capacidad de absorción de energía de los respaldares de las sillas	—	—	x	—
*Prueba de impacto contra una barrera rígida para determinar la zona de impacto de la cabeza	—	—	x	—
*Prueba de deslizamiento para determinar la zona de impacto de la cabeza	—	—	x	—
*Simulaciones para determinar la zona de impacto de la cabeza	—	—	x	—

* Cualquiera de estos métodos se puede utilizar para determinar la zona de impacto de la cabeza.

Cabeceras

Tipo de prueba	FMVSS 202a	CMVSS 202	Unión Europea ^o	Costa Rica
Corroboración dimensional	x	x	x	—
Prueba de absorción de energía	x	x	x	—
Prueba de la capacidad del mantenimiento de la altura	x	x	—	—
Pruebas de la retención de la separación entre la cabecera y la cabeza, desplazamiento y fuerza de la cabecera	x	x	—	—
Desempeño dinámico	x	x	—	—
Prueba de las cabeceras plegables	x	x	—	—
Desempeño ante cargas estáticas	—	—	x	—
Inspección visual de la existencia y estado de las cabeceras	—	—	—	x

^o La pruebas están contempladas en las regulaciones ECE 17, 21 y 25

Comportamiento de la estructura del vehículo ante impactos frontales

Tipo de prueba	FMVSS 204	CMVSS 204	ECE 12 y ECE 33	Costa Rica
Medición del corrimiento del sistema de dirección después de un impacto frontal	x	x	x	—
Determinación de la deformación de diversas partes de la estructura ante impactos frontales	—	—	x	—

Protección contra impactos laterales

Tipo de prueba	FMVSS 214	CMVSS 214	ECE 135	Costa Rica
Prueba de resistencia lateral ante una fuerza aplicada por un poste cilíndrico	x	x	—	—
Prueba de choque lateral contra una barrera deformable móvil	x	—	—	—
Prueba de choque lateral contra un poste rígido	x	—	x	—

Protección para el conductor contra impactos contra el sistema de dirección del vehículo

Tipo de prueba	FMVSS 203	CMVSS 203	ECE 12	Costa Rica
Prueba de impacto contra el sistema de dirección	x	x	x	—
Medición de la desaceleración en la cabeza ante el impacto contra la manivela	—	—	x	—
Protección contra la electrocución vehículos	—	—	x	—
Impacto frontal de vehículos eléctricos: medición de la energía eléctrica	—	—	x	—
Impacto frontal de vehículos eléctricos: protección ante el contacto con los elementos de alta tensión	—	—	x	—
Impacto frontal de vehículos eléctricos: resistencia del aislamiento eléctrico	—	—	x	—
Impacto frontal de vehículos eléctricos: derrame del electrolito	—	—	x	—
Impacto frontal de vehículos: retención del sistema de almacenaje de energía eléctrica recargable	—	—	x	—

Materiales vítreos

Tipo de prueba	FMVSS 205	CMVSS 205	ECE 43	Costa Rica
Prueba de fractura o fragmentación	x	x	x	—
Estabilidad de la luz	x	x	—	—
Transmisión de la luz	x	x	x	—
Humedad	x	x	x	—
Alta temperatura	x	x	x	—
Impacto	x	x	x	—
Desviación óptica y distorsión de la visibilidad	x	x	x	—
Humedecimiento simulado	x	x	—	—
Resistencia a la abrasión	x	x	x	—
Resistencia química	x	x	—	—
Estabilidad dimensional	x	x	x	—
Flexibilidad	x	x	x	—
Flamabilidad	x	x	x	—
Resistencia a la penetración	x	x	—	—
Resistencia a cambios de temperatura	x	x	x	—
Resistencia a la radiación	—	—	x	—
Exposición a la intemperie	—	—	x	—
Corte cruzado	—	—	x	—
Identificación de colores	—	—	x	—

Resistencia del techo

Tipo de prueba	FMVSS 216a	CMVSS 216	ECE 28	Costa Rica
Prueba de aplastamiento del techo	x	x	—	—
Prueba de impacto en la estructura superior lateral y prueba de aplastamiento del techo, de los vehículos comerciales	—	—	x	—

Salidas de emergencia

Tipo de prueba	FMVSS 217	CMVSS 217	Unión Europea	Costa Rica
Resistencia de las ventanas de emergencia ante una fuerza de empuje perpendicular	x	x	—	—
Liberación de las salidas de emergencia	x	x	—	—
Inspección visual de la existencia y señalización de las salidas de emergencia	—	—	—	x

Sistemas de sillas

Tipo de prueba	FMVSS 207	CMVSS 207	ECE 17 y ECE 14	Costa Rica
Resistencia ante fuerzas estáticas	x	x	x	—
*Resistencia ante momentos torsores y/o de los sistemas de ajustamiento, de bloqueo y de desplazamiento del respaldar	x	x	x	—
Resistencia estática del elemento de fijación del respaldar	x	x	—	—
Resistencia a las carga inerciales del elemento de fijación del respaldar	x	x	x	—
Disipación de energía brindada por el respaldar	—	—	x	—
* Resistencia ante una colisión frontal contra una barrera rígida	—	—	x	—
* Resistencia ante cambios en la aceleración del vehículo	—	—	x	—
Inspección visual de los anclajes de las sillas y del funcionamiento de los mecanismos de ajuste	—	—	—	x

*Estas son pruebas alternativas que estipula la regulación ECE 17

Zona de intrusión en el parabrisas

Tipo de prueba	CMVSS 217	Unión Europea	Costa Rica
Prueba de choque contra una barrera rígida y verificación de la zona de intrusión	X	—	—

Protección de los ocupantes ante colisiones

Tipo de prueba	FMVSS 208	CMVSS 208	Unión Europea ^o	Costa Rica
Funcionamiento del dispositivo de desactivación automática de las bolsas de aire	X	X	—	—
Choque frontal contra barrera rígida	X	X	—	—
Choque frontal contra barrera deformable	X	—	X	—
Choque lateral contra barrera deformable móvil	X	—	X	—
Vuelco	X	—	—	—
Prueba de impacto frontal con péndulo de la cabina de los vehículos comerciales	—	—	X	—
Prueba de impacto en el pilar A con péndulo de la cabina de los vehículos comerciales	—	—	X	—
Prueba de impacto en la estructura superior lateral y prueba de aplastamiento del techo, de los vehículos comerciales	—	—	X	—
Prueba de impacto trasero de los vehículos de pasajeros	—	—	X	—

^o Las pruebas están contempladas en las regulaciones ECE 28, 32, 94 y 95

Protección ante vuelcos de los vehículos grandes de pasajeros

Tipo de prueba	FMVSS 220 ^o	CMVSS 220	ECE 66	Costa Rica
Prueba de resistencia del techo de los buses escolares	X	X	—	—
Prueba de vuelco	—	—	X	—

^o Aplica solo a los buses escolares

Cinturones de seguridad

Tipo de prueba	FMVSS 209°	CMVSS 209	ECE 16	Costa Rica
Medición de la fuerza de ruptura de la faja	x	x	x	—
Comprobación de la elongación máxima de la faja	x	x	—	—
Prueba de resistencia de la faja a bajas temperaturas	—	—	x	—
Prueba de resistencia de la faja a altas temperaturas	—	—	x	—
Prueba de resistencia de la faja expuesta a la humedad	—	—	x	—
Resistencia a la abrasión de la faja	x	x	x	—
Prueba de resistencia a la luz de la faja	x	x	x	—
Prueba de resistencia a los microorganismos de la faja	x	x	—	—
Prueba de resistencia a la corrosión	x	x	x	—
Prueba de resistencia a altas temperaturas de los elementos plásticos	x	x	—	—
Resistencia estática de los elementos de fijación	x	x	—	—
Fuerza de ajuste	x	x	—	—
Ajuste la inclinación de bloqueo	x	x	—	—
Desempeño de la cerradura de la hebilla	x	x	—	—
Resistencia estática de las partes rígidas	—	—	x	—
Funcionamiento a bajas temperaturas de los elementos rígidos	—	—	x	—
Prueba de impacto a bajas temperaturas de los elementos rígidos	—	—	x	—
Prueba de corrimiento a través de los ajustadores manuales	—	—	x	—
Funcionamiento de los rebobinadores no bloqueantes	x	—	—	—
Funcionamiento de los rebobinadores de bloqueo automático	x	x	—	—
Funcionamiento de los rebobinadores de bloqueo de emergencia	x	x	x	—
Desempeño o durabilidad del rebobinador	x	x	x	—
Resistencia al polvo de los rebobinadores	—	—	x	—
Prueba de las fuerzas de enrollamiento de los rebobinadores	—	—	x	—
Desempeño de los sistemas de los cinturones de seguridad	x	x	—	—
Prueba dinámica de los sistemas de cinturones de seguridad	x	x	—	—
Prueba de apertura de la hebilla después de la prueba dinámica de los sistemas de los cinturones de seguridad	x	x	—	—
Inspección visual de la existencia y estado de los cinturones de seguridad	—	—	—	x

Sistemas de retención infantil

Tipo de prueba	FMVSS 213	CMVSS 213	ECE 44 y ECE 129	Costa Rica
Pruebas de resistencia dinámica	x	x	x	—
Pruebas de apertura y cierre de la hebilla	x	x	x	—
Protección de la cabeza ante impactos	x	x	x	—
Prueba quasi-estática de las sillas elevadoras	—	x	—	—
Prueba de corrosión	—	—	x	—
Absorción de energía	—	—	x	—
Prueba de vuelco	—	—	x	—
Prueba de retención de las sillas elevadoras	—	—	x	—
Resistencia a los cambios de temperatura de algunos componentes de las sillas	—	—	x	—
Resistencia de las hebillas	—	—	x	—
Funcionamiento de los ajustadores de las fajas	—	—	x	—
Prueba de micro-deslizamiento de los ajustadores	—	—	x	—
Prueba de durabilidad de los ajustadores	—	—	x	—
Prueba de durabilidad de los rebobinadores	—	—	x	—
Resistencia a la corrosión de los rebobinadores	—	—	x	—
Resistencia última a la tensión de las fajas	—	—	x	—
Resistencia de las fajas a la luz	—	—	x	—
Resistencia de las fajas al frío	—	—	x	—
Resistencia de las fajas al calor	—	—	x	—
Resistencia de las fajas al agua	—	—	x	—
Resistencia de las fajas la abrasión	—	—	x	—
Prueba de desplazamiento del cinturón de seguridad de los dispositivos de bloqueo	—	—	x	—
Fuerza de apertura del sujetador	—	—	x	—
ISOFIX				
Prueba de durabilidad del sujetador ISOFIX	—	—	x	—
Desempeño ante colisiones laterales de los dispositivos de retención infantil mejorados	—	—	x	—

Cabe destacar que los cinturones y elementos de sujeción de los dispositivos de retención infantil diseñados bajo el FMVSS 213 o el CMVSS 213 deben cumplir con los requerimientos de los cinturones de seguridad respectivos (FMVSS 209 o CMVSS 209)

Sistemas de retención de personas con movilidad limitada

Tipo de prueba	EEUU	CMVSS 213.3	Unión Europea	Costa Rica
Apertura de las hebillas de los sistemas de retención de las personas con movilidad limitada	—	x	—	—
Prueba de resistencia de la hebilla bajo una carga estática	—	x	—	—

Resistencia de las uniones de los paneles del cuerpo de los buses escolares

Tipo de prueba	FMVSS 221	FMVSS 221	Unión Europea	Costa Rica
Resistencia a la tensión de las uniones de los paneles del cuerpo de los buses escolares	x	x	—	—

Cascos para motociclistas y sus visores

Tipo de prueba	FMVSS 218	Canadá*	ECE 22	Costa Rica
Capacidad de atenuación de impactos del casco	x	*	x	—
Resistencia a la penetración del casco	x	*	—	—
Capacidad de retención de las fajas	x	*	—	—
Prueba de las proyecciones y de las superficies de fricción	—	*	x	—
Prueba de rigidez	—	*	x	—
Prueba dinámica del sistema de retención	—	*	x	—
Prueba de retención del casco	—	*	x	—
Propiedades mecánicas de los visores	—	*	x	—
Propiedades ópticas de los visores	—	*	x	—
Microdeslizamiento de las correas	—	*	x	—
Resistencia a la abrasión de las correas	—	*	x	—
Prevención ante la apertura accidental del mecanismo de apertura rápida	—	*	x	—
Facilidad de accionamiento del mecanismo de apertura rápida	—	*	x	—
Durabilidad del mecanismo de apertura rápida	—	*	x	—

* En cuanto a los cascos de motociclistas respecta, en Canadá hay una norma de cascos que no está incluida entre los CMVSS, pero también se aceptan el FVSS 218, la norma ECE 22, la norma SENELL, entre otras.

Anclajes de los sistemas de retención infantil

Tipo de prueba	FMVSS 225	Canadá ^o	ECE 14	Costa Rica
Resistencia estática del anclaje superior	x	x	—	—
Deformación de los anclajes inferiores	x	x	—	—
Resistencia estática de los anclajes inferiores y superiores	—	—	x	—

^o Las pruebas están estipuladas en las regulaciones CMVSS 210.1 y 210.2

Sillas y protección contra colisiones en los buses

Tipo de prueba	^{&} FMVSS 222	^{&} CMVSS 222	^o ECE 80	Costa Rica
Prueba del comportamiento del respaldo de las sillas ante fuerzas de empuje hacia adelante	x	x	x	—
Prueba del comportamiento del respaldo de las sillas ante fuerzas de empuje hacia atrás	x	—	—	—
Resistencia de los elementos de sujeción de los asientos	x	—	—	—
Prueba de absorción de energía de los respaldos de las sillas	x	x	—	—
Prueba de deflexión máxima de las barreras que se colocan frente a las primeras sillas	x	—	—	—
Zona de protección ante impactos en la cabeza	x	—	—	—
Zona de protección ante impactos en las piernas	x	—	—	—
Resistencia de los anclajes de las sillas de ruedas	x	—	x	—
Resistencia de los anclajes de los sistemas de retención de la parte superior del torso de las personas que viajan en sillas de ruedas	x	—	—	—
Pruebas de resistencia dinámica de las sillas	—	—	x	—

[&]Estas pruebas aplican solo a los buses escolares.

^oLas pruebas dinámicas estipuladas en la normativa europea se utilizan para evaluar también la severidad del daño en la cabeza y en las piernas, mientras que las pruebas de empuje del respaldo se pueden utilizar para evaluar la capacidad de absorción de energía. Además, algunas de las pruebas de la resistencia de los anclajes son opcionales.

Dispositivos anti-incrustamiento

Tipo de prueba	FMVSS 223	CMVSS 223	Unión Europea ^o	Costa Rica
Prueba de resistencia estática ante cargas puntuales de los dispositivos anti-incrustamiento traseros	x	x	x	—
*Prueba de resistencia estática ante una carga uniformemente distribuida de los dispositivos antiincrustamiento traseros	—	x	—	—
Prueba de absorción de energía de los dispositivos antiincrustamiento traseros	x	x	—	—
Prueba de resistencia de los dispositivos antiincrustamiento laterales	—	—	x	—
Prueba de resistencia de los dispositivos anti-incrustamiento frontales	—	—	x	—
Inspección visual del estado, dimensiones y modo de fijación	—	—	—	x

*Esta es una prueba opcional al ensayo de resistencia estática ante una carga puntual

^oLas pruebas están contempladas en las regulaciones ECE 58, 73 y 93

Flamabilidad de los materiales

Tipo de prueba	FMVSS 302	CMVSS 302	ECE 118	Costa Rica
Quemado en posición vertical	x	x	x	—
Quemado en posición horizontal	—	—	x	—
Derretimiento	—	—	x	—
Capacidad de repeler lubricantes y combustible	—	—	x	—
Resistencia de los cables a la propagación de la llama	—	—	x	—

Integridad del sistema de combustible

Tipo de prueba	FMVSS 301	CMVSS 301	ECE 34	Costa Rica
Choque frontal contra una barrera rígida con medición del derrame de combustible	x	x	x	—
Colisión por detrás con medición del derrame de combustible	x	x	x	—
Colisión lateral con medición del derrame de combustible	x	x	x	—
Colisión con barrera deformable que simula el frente de un vehículo con medición del derrame de combustible	x	x	—	—
Rotación del vehículo después de cada prueba de colisión, y medición del derrame del combustible	x	x	—	—
Prueba de presión hidrostática de los tanques de combustible	—	—	x	—
Prueba de vuelco de los tanques de combustible	—	—	x	—
Prueba de resistencia a las colisiones de los tanques de combustible hechos de plástico	—	—	x	—
Prueba de resistencia mecánica de los tanques de combustible hechos de plástico	—	—	x	—
Prueba de permeabilidad de los tanques de combustible hechos de plástico	—	—	x	—
Prueba de resistencia al combustible de los tanques de combustible hechos de plástico	—	—	x	—
Prueba de resistencia al fuego de los tanques de combustible hechos de plástico	—	—	x	—
Prueba de resistencia a altas temperaturas de los tanques de combustible hechos de plástico	—	—	x	—

Integridad del sistema de combustible de los vehículos que utilizan gas natural comprimido como combustible

Tipo de prueba	FMVSS 303	CMVSS 301.2	Unión Europea	Costa Rica
Choque frontal contra una barrera rígida con medición de la caída de presión	x	x	—	—
Colisión por detrás con barrera deformable con medición de la caída de presión	x	x	—	—
Colisión lateral con barrera deformable con medición de la caída de presión	x	x	—	—
Colisión con barrera deformable que simula el frente de un vehículo con medición de la caída de presión	x	x	—	—

**Integridad del sistema de combustible de los vehículos
que utilizan gas licuado de petróleo 1**

Tipo de prueba	EEUU	CMVSS 301.1	ECE 67	Costa Rica
Choque frontal contra una barrera rígida con medición de la caída de presión	—	X	—	—
Colisión por detrás con barrera deformable con medición de la caída de presión	—	X	—	—
Colisión lateral con barrera deformable con medición de la caída de presión	—	X	—	—
Colisión con barrera deformable que simula el frente de un vehículo con medición de la caída de presión	—	X	—	—
Prueba de tensión del material del tanque	—	—	X	—
Medición de la presión de estallido	—	—	X	—
Prueba de fugas	—	—	X	—
Ciclos de presurización a temperatura ambiente de los tanques de materiales compuestos	—	—	X	—
Ciclos de presurización a alta temperatura de los tanques de materiales compuestos	—	—	X	—
Prueba de fugas externas de los tanques de materiales compuestos	—	—	X	—
Prueba de permeabilidad de los tanques de materiales compuestos	—	—	X	—
Prueba de ciclos de llenado con gas LPG de los tanques de materiales compuestos	—	—	X	—
Prueba de termofluencia de los tanques de materiales compuestos	—	—	X	—
Radiografía de las soldaduras de los tanques metálicos	—	—	X	—
Inspecciones macroscópicas de la soldadura de los tanques metálicos	—	—	X	—
Exámenes de la parte externa de la soldadura de los tanques metálicos	—	—	X	—
Prueba de inflamabilidad de los tanques hechos de materiales compuestos	—	—	X	—

Integridad del sistema de combustible de los vehículos que utilizan gas licuado de petróleo 2

Tipo de prueba	EEUU	CMVSS 301.1	ECE 67	Costa Rica
Prueba de impacto de los tanques hechos de materiales compuestos	–	–	X	–
Prueba de caída libre de los tanques hechos de materiales compuestos	–	–	X	–
Medición del torque del dispositivo de regulación de presión de los tanques hechos de materiales compuestos	–	–	X	–
Resistencia a un ambiente ácido de los tanques hechos de materiales compuestos	–	–	X	–
Resistencia a los rayos ultravioleta de los tanques hechos de materiales compuestos	–	–	X	–
Sobre presurización de los componentes	–	–	X	–
Fugas externas de los componentes	–	–	X	–
Comportamiento a alta temperatura de los componentes	–	–	X	–
Comportamiento a baja temperatura de los componentes	–	–	X	–
Fugas en los asientos de los componentes	–	–	X	–
Durabilidad de los componentes	–	–	X	–
Funcionamiento de los componentes	–	–	X	–
Compatibilidad de los componentes	–	–	X	–
Resistencia a la corrosión de los componentes	–	–	X	–
Resistencia de los componentes al calor seco	–	–	X	–
Resistencia de los componentes al ozono	–	–	X	–
Resistencia a la termofluencia de los componentes	–	–	X	–
Prueba de ciclos de temperatura de los componentes	–	–	X	–
Compatibilidad con el fluido de intercambio de calor de los componentes	–	–	X	–
Inspección visual del estado, funcionamiento y uniones de los depósitos, canalizaciones, componentes de equipo de gasificación, instalación eléctrica	–	–	–	X

Integridad del contenedor de gas natural comprimido

Tipo de prueba	FMVSS 304	Canadá*	Unión Europea	Costa Rica
Prueba de fatiga por presión hidrostática	x	—	—	—
Prueba de resistencia a las altas presiones	x	—	—	—
Prueba de ignición	x	—	—	—

*No existe un CMVSS para la integridad de los contenedores de GNC ni de GLP, puesto que los estándares CMVSS 301.1 y CMVSS 301.2 hacen referencia a diversos estándares para regular los detalles constructivos. Entre esos estándares se encuentran: ANSI/AGA-NGV2, norma canadiense de cilindros de alta presión para almacenaje de gas natural, estándar canadiense de componentes de los sistemas de propano para vehículos que circulan en carretera y el código canadiense para la instalación de tanque de propano para los vehículos que circulan en carretera

Vehículos eléctricos: protección contra el derrame del electrolito y contra descargas eléctricas, y desempeño del sistema de suministro de energía eléctrica

Tipo de prueba	FMVSS 305	CMVSS 305	ECE 94 y ECE 100	Costa Rica
Choque frontal contra una barrera rígida con medición del derrame del electrolito y del aislamiento eléctrico	x	x	—	—
Colisión por detrás con barrera deformable con medición del derrame del electrolito y del aislamiento eléctrico	x	x	—	—
Colisión lateral con barrera deformable con medición del derrame del electrolito y del aislamiento eléctrico	x	x	x	—
Rotación del vehículo después de cada prueba de colisión, y medición del derrame del electrolito y del aislamiento eléctrico	x	x	—	—
Choque frontal contra una barrera deformable con medición del derrame del electrolito y del aislamiento eléctrico	—	—	x	—
Evaluación de la integridad del aislamiento eléctrico	—	—	x	—
Determinación de la capacidad de un dedo de contactar elemento eléctricos	—	—	x	—
Resistencia del aislamiento eléctrico del chasis	—	—	x	—
Sistema de suministro de energía eléctrica				
Resistencia a las vibraciones	—	—	x	—
Resistencia a choques térmicos cíclicos	—	—	x	—
Resistencia al choque mecánico	—	—	x	—
Ensayo de integridad mecánica	—	—	x	—
Resistencia al fuego	—	—	x	—
Protección externa contra cortocircuitos	—	—	x	—
Protección contra sobrecargas	—	—	x	—
Protección contra sobre-descargas	—	—	x	—
Protección contra el sobrecalentamiento	—	—	x	—
Emisiones de hidrógeno	—	—	x	—

Sistema elevador de sillas de ruedas

Tipo de prueba	FMVSS 403	Canadá	ECE	Costa Rica
Advertencia de la posición vertical de la plataforma	X	—	—	—
Funcionamiento de los dispositivos de retención de las sillas de ruedas	X	—	—	—
Funcionamiento bajo una carga estática	X	—	—	—
Velocidad máxima	X	—	—	—
Aceleración máxima	X	—	—	—
Nivel de ruido	X	—	—	—
Resistencia al ambiente	X	—	—	—
Resistencia al deslizamiento	X	—	—	—
Capacidad de retención de las sillas de ruedas	X	—	—	—
Resistencia de la barrera interna de retención	X	—	—	—
Resistencia a la fatiga	X	—	—	—
Prueba de carga estática II	X	—	—	—
Sobrecarga del dispositivo de retención de la silla de ruedas	X	—	—	—
Resistencia de las agarraderas	X	—	—	—
Carga máxima	X	—	—	—
Inspección visual de la existencia, estado y funcionamiento	—	—	—	X

Parachoques

Tipo de prueba	Estándar de parachoques	CMVSS 215	ECE 42	Costa Rica
Prueba de impacto longitudinal	X	*	X	—
Prueba de impacto en la esquina	X	*	X	—
Prueba de impacto perpendicular contra una barrera fija	X	*	—	—
Inspección visual de la existencia y estado e inexistencia de puntas saliente o cortantes	—	—	—	X

* El CMVSS 215 indica que se admiten los parachoques fabricados bajo el estándar estadounidense o bajo la regulación vehicular ECE 42

Ejes

Tipo de prueba	EEUU	CMVSS 901	Unión Europea	Costa Rica
Corroboración de la carga soportada por los ejes de los vehículos	–	x	–	–
Inspección visual del estado de los ejes	–	–	–	x

Especificaciones de los acoples para los semirremolques y/o remolques

Tipo de prueba	EEUU	CMVSS 903	ECE 55 y ECE 102	Costa Rica
Resistencia del sistema de dirección de los acoples tipo C	–	x	–	–
Rigidez torsional de los acoples tipo C	–	x	–	–
Prueba de resistencia estática de los acoples	–	–	x	–
Prueba de desempeño de los acoples	–	–	x	–
Distancia de recuperación al salir de una trayectoria curva	–	–	x	–
Estabilidad de la combinación de vehículos	–	–	x	–
Conducción en movimiento circular	–	–	x	–
Conducción en inclinaciones Inspección visual del estado y funcionamiento	–	–	–	x

Dispositivos de sujeción de la carga en los semirremolques

Tipo de prueba	EEUU	CMVSS 905	Unión Europea	Costa Rica
Prueba de resistencia estática	–	x	–	–

Vehículos de baja velocidad

Tipo de prueba	FMVSS 500	CMVSS 500	Unión Europea	Costa Rica
Prueba de resistencia estática	–	x	–	–

Compatibilidad electromagnética de los vehículos

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 10	Costa Rica
Emisiones electromagnéticas de banda ancha	–	–	X	–
Emisiones electromagnéticas de banda baja	–	–	X	–
Inmunidad a las radiaciones	–	–	X	–
Emisiones electromagnéticas de banda ancha de los subensambles eléctricos y/o electrónicos	–	–	X	–
Emisiones electromagnéticas de banda baja de los subensambles eléctricos y/o electrónicos	–	–	X	–
Inmunidad a las radiaciones electromagnéticas de los subensambles eléctricos y/o electrónicos	–	–	X	–
Inmunidad de los subensambles eléctricos y/o electrónicos ante perturbaciones en las líneas de suministro de energía	–	–	X	–
Perturbaciones emitidas por los subensambles eléctricos y/o electrónicos	–	–	X	–

Proyecciones externas y protección para peatones

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	Unión Europea ^o	Costa Rica
Determinación del tamaño de las proyecciones externas	–	–	X	
Prueba de fallo ante una carga, de algunas proyecciones externas	–	–	X	–
Inspección visual para determinar que no existan puntas salientes o cortantes que puedan poner en riesgo a los usuarios de las vías	–	–	–	X
Prueba de impacto de la pierna contra el parachoques	–	–	X	–
Prueba de impacto de la cabeza contra la capota	–	–	X	–

^o Las pruebas están contempladas en las regulaciones vehiculares ECE 26, 61 y 127

Dispositivos de advertencia sonora y señales

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 28	Costa Rica
Medición del nivel de ruido	–	–	X	–
Resistencia	–	–	X	–
Espectro del sonido	–	–	X	–
Inspección auditiva del funcionamiento	–	–	–	X

Velocímetros

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 29	Costa Rica
Corroboración de la exactitud de la medición de velocidad	–	–	x	–
Inspección visual de la existencia e instalación de los velocímetros	–	–	–	x

Limpiadores de las luces frontales

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 45	Costa Rica
Eficacia	–	–	x	–

Llantas de repuesto y/o sistemas que se pueden usar cuando alguna llanta está estallada

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 64	Costa Rica
Prueba de frenado y de desviación	–	–	x	–
Funcionamiento de los sistemas de advertencia de estallido de alguna llanta	–	–	x	–

Requerimientos constructivos de los vehículos de pasajeros y microbuses

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 52	Costa Rica
Fuerza de cierre de las puertas que funcionan eléctricamente	–	–	x	–
Movilidad de los pasajeros en el interior del vehículo	–	–	x	–

Requerimientos constructivos de los vehículos grandes de transporte público

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 36 y ECE 107	Costa Rica
Fuerza de cerrado de las puertas automáticas	—	—	X	—
Apertura de las puertas y rampas ante una fuerza opuesta al movimiento de cerrado	—	—	X	—
Facilidad de remover una extremidad en caso de que la puerta la atrape	—	—	X	—
Determinación del tamaño de facilidades como: pasillos, salidas de emergencia, puertas, entre otras	—	—	X	—
Maniobrabilidad	—	—	X	—
Determinación de la cantidad adecuada de facilidades como agarraderas	—	—	X	—
Estabilidad del vehículo	—	—	X	—
Resistencia dinámica de los dispositivos de sujeción de las sillas de ruedas	—	—	X	—
Resistencia del respaldo utilizado para apoyar las sillas de ruedas que viajan viendo hacia atrás	—	—	X	—
Medición de las dimensiones de los pasillos y asientos	—	—	—	X
Inspección visual para determinar la existencia de la señalización de las salidas de emergencia, timbres, de las barras de sujeción y agarraderas y del alumbrado interior	—	—	—	X
Inspección visual para evaluar el estado de los pasillo y del piso	—	—	—	X

Sistema de dirección

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 79	Costa Rica
Maniobrabilidad al salir de una curva	—	—	X	—
Maniobrabilidad al entrar a una curva	—	—	X	—
Conducción en círculos	—	—	X	—
Maniobrabilidad de remolques al conducir en línea recta	—	—	X	—
Maniobrabilidad de remolques al conducir en círculos	—	—	X	—
Maniobrabilidad de remolques al salir de una curva	—	—	X	—
Maniobrabilidad de remolques al conducir en círculos con el sistema de dirección defectuoso	—	—	X	—
Prueba de frenado simulando la falla del suministro de energía de los remolques cuyo sistema de frenos y sistemas de energía poseen la misma fuente de alimentación	—	—	X	—
Conducción en círculos y comportamiento transitorio cuando falla el sistema de dirección auxiliar de algunos remolques	—	—	X	—
Prueba de estallido de las mangueras de la dirección hidráulica de los remolques	—	—	X	—
Funcionamiento de los sistemas de dirección complejos de algunos remolques	—	—	X	—
Simulación de la falla del sistema de dirección complejo de algunos remolques	—	—	X	—
Medición de la deriva del vehículo	—	—	—	X
Inspección visual de la instalación y del estado del volante	—	—	—	X
Inspección visual del estado de la caja de dirección y de los brazos, barras y rótulas	—	—	—	X
Inspección visual del estado y funcionamiento de la servodirección	—	—	—	X

Llantas retrorreflectivas de las motocicletas

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 88	Costa Rica
Prueba colorimétrica	–	–	x	–
Prueba fotométrica	–	–	x	–
Adhesión	–	–	x	–
Resistencia al impacto	–	–	x	–
Resistencia al combustible y a lubricantes	–	–	x	–
Resistencia el agua	–	–	x	–
Resistencia al calor	–	–	x	–

Limitadores de velocidad

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 89	Costa Rica
Pruebas de funcionamiento (en pista, dinamómetro o banco de pruebas)	–	–	x	–

Estabilidad de los camiones cisterna ante el vuelco

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 111	Costa Rica
Prueba de estabilidad	–	–	x	–

Componentes de los tanques de gas natural comprimido y licuado 1

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 110	Costa Rica
Tanques completos				
Propiedades bajo tensión	–	–	x	–
Resistencia al impacto	–	–	x	–
Resistencia de la soldadura a la flexión	–	–	x	–
Revisión de la soldadura	–	–	x	–
Agrietamiento por tensión en inmersión de sulfuro	–	–	x	–
Resistencia al agrietamiento a causa de la carga soportada	–	–	x	–
Corrosión y agrietamiento por tensión	–	–	x	–
Resistencia a las fuerzas cortantes	–	–	x	–
Temperatura de suavizamiento y derretimiento	–	–	x	–
Tanques de gas natural comprimido				
Estallido	–	–	x	–
Ciclos de presurización a temperatura ambiente	–	–	x	–
Dureza brinell	–	–	x	–
Resistencia al medio ambiente	–	–	x	–
Desempeño del recubrimiento	–	–	x	–
Hidráulica	–	–	x	–
Ambiente ácido	–	–	x	–
Prueba del daño por impacto	–	–	x	–
Propiedades de tensión de los plásticos	–	–	x	–
Resistencia al fuego	–	–	x	–
Penetración	–	–	x	–
Tolerancia a los defectos	–	–	x	–
Fluencia a alta temperatura	–	–	x	–
Esfuerzo de ruptura	–	–	x	–
Prueba de fugas	–	–	x	–
Permeabilidad	–	–	x	–
Desempeño de los dispositivos reguladores de presión	–	–	x	–
Prueba de torque en la válvula de mando	–	–	x	–
Ciclos de gas natural	–	–	x	–
Fuga antes del estallido	–	–	x	–
Ciclos a temperaturas extremas	–	–	x	–

Componentes de los tanques de gas natural comprimido y licuado 2

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 110	Costa Rica
Tanques de gas natural licuado				
Propiedades bajo tensión	–	–	X	–
Resistencia al impacto	–	–	X	–
Resistencia a la flexión	–	–	X	–
Revisión de la soldadura	–	–	X	–
Prueba de fogata	–	–	X	–
Prueba de la caída	–	–	X	–
Mantenimiento de la presión	–	–	X	–
Prueba de la presión	–	–	X	–
Dispositivos de regulación de presión de los tanques de gas natural comprimido				
Fatiga de las válvulas manuales	–	–	X	–
Ciclos de presurización hidrostática de los dispositivos de alivio de la presión	–	–	X	–
Resistencia a la corrosión de los dispositivos de alivio de la presión	–	–	X	–
Resistencia a la tensión y elongación de las mangueras	–	–	X	–
Resistencia de las mangueras al n-hexano o n-pentano	–	–	X	–
Envejecimiento de las mangueras	–	–	X	–
Resistencia al ozono de las mangueras	–	–	X	–
Permeabilidad de las mangueras sin acople	–	–	X	–
Resistencia de las mangueras a temperaturas bajas	–	–	X	–
Resistencia de las mangueras a temperaturas altas	–	–	X	–
Flexión de las mangueras	–	–	X	–
Presión hidráulica de las mangueras	–	–	X	–
Presión de estallido de las mangueras	–	–	X	–
Prueba de empuje y conductividad eléctrica de las mangueras	–	–	X	–
Prueba de vibraciones de las mangueras	–	–	X	–

Componentes de los tanques de gas natural comprimido y licuado 3

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 110	Costa Rica
Durabilidad del regulador de presión	–	–	x	–
Resistencia del aislamiento eléctrico de los sensores de presión y de temperatura, detectores de gas y válvulas automáticas	–	–	x	–
Válvulas de los tanques de gas natural licuado				
Funcionamiento de las válvulas de exceso de flujo	–	–	x	–
Fatiga de las válvulas manuales	–	–	x	–
Dispositivos de regulación de presión				
Sobre-presurización	–	–	x	–
Fugas externas	–	–	x	–
Fugas internas	–	–	x	–
Durabilidad	–	–	x	–
Compatibilidad CNG/GNL	–	–	x	–
Resistencia a la corrosión	–	–	x	–
Resistencia al calor seco	–	–	x	–
Presión de estallido	–	–	x	–
Envejecimiento a causa del ozono	–	–	x	–
Ciclos de temperatura	–	–	x	–
Ciclos de presurización	–	–	x	–
Resistencia a las vibraciones	–	–	x	–
Temperaturas de operación	–	–	x	–
Temperaturas bajas del GNL	–	–	x	–

Sistema de calentamiento de los vehículos

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 122	Costa Rica
Determinación de la calidad del aire	–	–	x	–
Determinación de la temperatura	–	–	x	–
Evaluación de las emisiones	–	–	x	–
Ingreso de aire contaminado en el área de pasajeros	–	–	x	–

Módulo de reemplazo de las bolsas de aire

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 114	Costa Rica
Módulos de reemplazo				
Prueba de la caída	–	–	x	–
Prueba del impacto mecánico	–	–	x	–
Prueba del polvo	–	–	x	–
Vibraciones simultáneas y temperaturas	–	–	x	–
Resistencia a la corrosión	–	–	x	–
Ciclos de humedad térmica	–	–	x	–
Radiación solar	–	–	x	–
Choque térmico	–	–	x	–
Prueba de despliegue estático	–	–	x	–
Prueba del tanque	–	–	x	–
Prueba de la bolsa	–	–	x	–
Sistemas de manivelas equipados con módulos de reemplazo de las bolsas de aire				
Visibilidad de los instrumentos	–	–	x	–
Utilización de controles	–	–	x	–
Resistencia del adaptador	–	–	x	–
Funcionamiento del sistema antirrobo	–	–	x	–
Prueba de impacto frontal	–	–	x	–
Otros partes del vehículo, diferentes al sistema de manivela, equipados con módulos de reemplazo de las bolsa de aire				
Prueba de impacto	–	–	x	–

Aros

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 124°	Costa Rica
Pruebas metalúrgicas	–	–	x	–
Resistencia a la corrosión	–	–	x	–
Flexión durante la rotación	–	–	x	–
Resistencia durante el ruedo	–	–	x	–
Impacto	–	–	x	–
Torque variable	–	–	x	–
Inspección visual del estado y sujeción de los aros	–	–	–	x

°Aplica a los aros de repuesto

Campo de visión de los conductores a través del parabrisas

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 125	Costa Rica
Campo de visión de los conductores	–	–	x	–
Inspección visual para descartar la existencia de láminas adhesivas antisolares adhesivos o similares dentro del área de barrido de las escobillas y/o en el parabrisas trasero, y para descartar la existencia de sustancias reflectivas	–	–	–	x

Sistema de advertencia de salida del carril

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 125	Costa Rica
Activación de la señal cuando se sale del carril involuntariamente	–	–	x	–
Prueba de falla del sistema	–	–	x	–
Prueba de desactivación del sistema	–	–	x	–

Vehículos impulsados por celdas de hidrógeno

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 134	Costa Rica
Tanques de hidrógeno comprimido				
Desempeño base	–	–	X	–
Durabilidad	–	–	X	–
Desempeño en carretera	–	–	X	–
Comportamiento bajo fuego	–	–	X	–
Dispositivos de alivio de presión de los tanques de hidrógeno comprimido				
Ciclos de presión	–	–	X	–
Vida acelerada	–	–	X	–
Ciclos de temperatura	–	–	X	–
Corrosión	–	–	X	–
Ambiente vehicular	–	–	X	–
Agrietamiento por estrés producto de la corrosión	–	–	X	–
Caída y vibraciones	–	–	X	–
Fugas	–	–	X	–
Activación en banco de pruebas	–	–	X	–
Tasa de flujo	–	–	X	–
Válvulas de retención y/o válvulas de cierre de emergencia de los tanques de hidrógeno comprimido				
Resistencia hidrostática	–	–	X	–
Fugas	–	–	X	–
Ciclos de presión a temperaturas extremas	–	–	X	–
Resistencia a la corrosión salina	–	–	X	–
Resistencia al ambiente vehicular	–	–	X	–
Exposición atmosférica	–	–	X	–
Prueba eléctrica	–	–	X	–
Vibraciones	–	–	X	–
Agrietamiento por corrosión	–	–	X	–
Exposición al hidrógeno pre-enfriado	–	–	X	–
Vehículos equipados con sistemas de hidrógeno comprimido				
Fugas y concentraciones de hidrógeno en compartimientos cerrados después de haber sido sometidos a colisiones frontales y laterales	–	–	X	–
Condiciones de falla simples	–	–	X	–
Sistemas de escape de gases	–	–	X	–

Sistemas de frenado de emergencia avanzados

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	ECE 131	Costa Rica
Frenado ante una amenaza de colisión contra un objeto fijo	–	–	X	–
Frenado ante una amenaza de colisión contra un objeto móvil	–	–	X	–
Indicación de fallas del sistema	–	–	X	–
Indicación de la desactivación del sistema	–	–	X	–
Falsa reacción	–	–	X	–

Control de emisiones contaminantes

Tipo de prueba	Estándares EPA	CMVSS 1106	Unión Europea ^o	Costa Rica
Mediciones de gases	X	X	X	X
Mediciones de ruido	X	X	X	X
Ruido de las llantas	–	–	X	–
Funcionamiento del sistema de diagnóstico (OBD)	–	–	X	–

^oLas pruebas están contempladas en las regulaciones ECE 9, 24, 40, 41, 47, 49, 51, 63, 87 y 117

Suspensión

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	Unión Europea	Costa Rica
Inspección visual del estado de las barras tensoras	–	–	–	X
Inspección visual del estado de los resortes, soportes, amortiguadores y ballestas	–	–	–	X
Medición de la eficacia de la suspensión	–	–	–	X
Inspección visual del estado de las barras de torsión y estabilizadora	–	–	–	X
Inspección visual de los brazos, tijeretas y rótulas de suspensión	–	–	–	X

^oLas pruebas están contempladas en las regulaciones ECE 9, 24, 40, 41, 47, 49, 51, 63, 87 y 117

Motor y transmisión

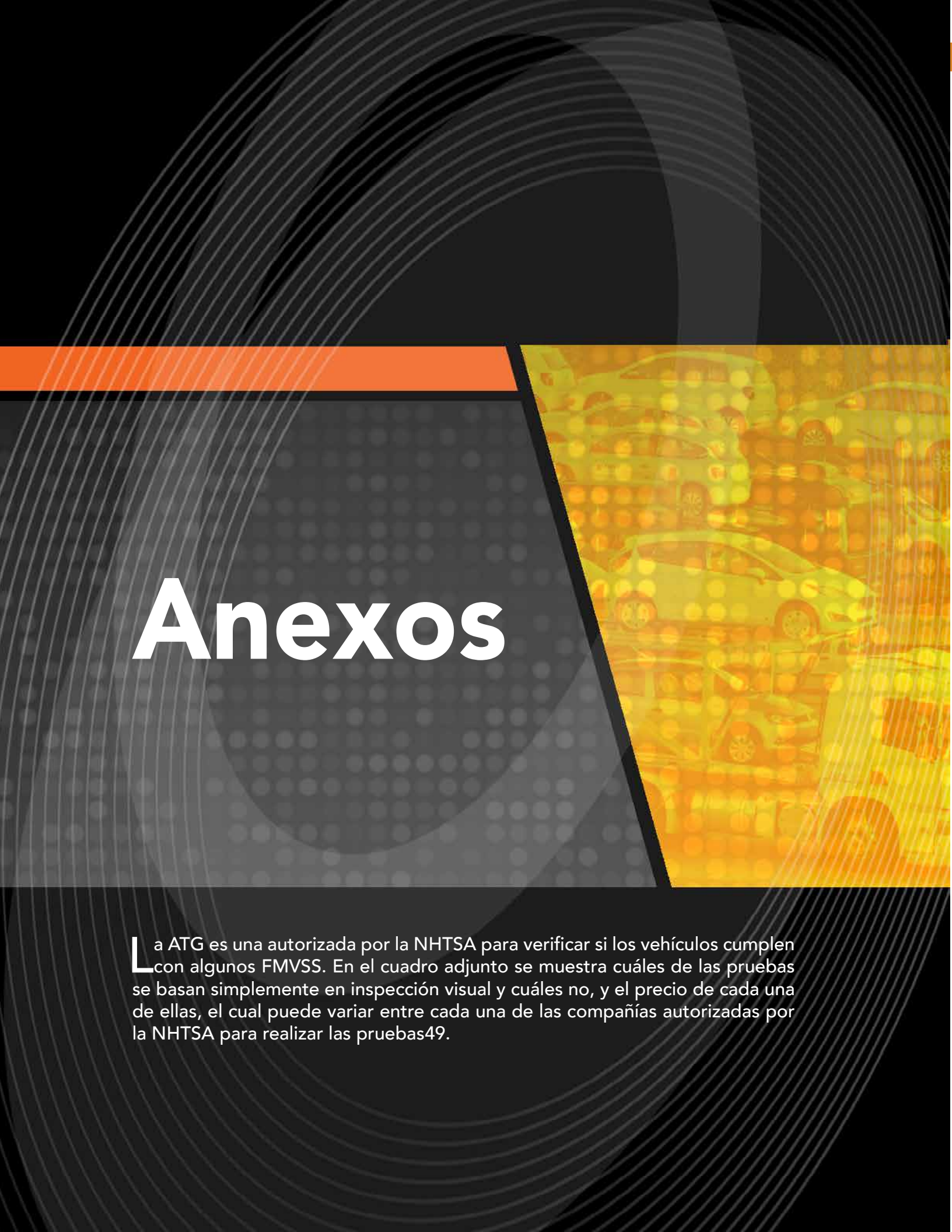
Tipo de prueba	EEUU	Canadá	Unión Europea	Costa Rica
Inspección visual del estado general del motor (fugas de aceite, anclajes, instalación eléctrica, fugas de electrolito)	–	–	–	X
Inspección visual del estado del sistema de alimentación del motor (depósito y conducciones del combustible, respiradero, tapón, proximidad excesiva de elementos que contienen combustible a zonas calientes o conexiones eléctricas, fugas de combustible)	–	–	–	X
Inspección visual del estado del sistema de escape	–	–	–	X
Inspección visual del estado de la transmisión (fugas, guardapolvos, holguras, anclajes)	–	–	–	X

Otros aspectos vehiculares

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	Unión Europea	Costa Rica
Vehículos de transporte de mercancías peligrosas				
Inspección visual de la existencia e instalación de extintores	–	–	–	X
Inspección visual de la orientación de la salida de los gases del escape del motor	–	–	–	X
Inspección visual del estado e instalación de la batería	–	–	–	X
Inspección visual del anclaje del contenedor al chasis	–	–	–	X
Taxis y taxímetro				
Inspección visual del estado y funcionamiento del taxímetro	–	–	–	X
Inspección visual de la rotulación	–	–	–	X
Vehículos autorizados para transportar personas con movilidad limitada (Ley 7600)				
Inspección visual del estado y funcionamiento de las rampas y elevadores	–	–	–	X
Ambulancias				
Inspección visual del estado, existencia y funcionamiento de elementos obligatorios, elementos de sujeción, rampas y elevadores, cinturones de sillas de ruedas y espacio para colocar las sillas de ruedas	–	–	–	X
Grúas				
Inspección visual del estado, existencia y funcionamiento la luz giratoria, los faros buscadores, los dispositivos de anclaje	–	–	–	X
Vehículos de emergencia y policía				
Inspección visual de las características e instalación de las luces reglamentarias	–	–	–	X

Odómetro

Tipo de prueba	EEUU	Canadá	Unión Europea	Costa Rica
Inspección visual de la existencia, legibilidad y coherencia con las mediciones de distancia subsecuentes	–	–	–	X

The background features a dark grey field with a pattern of concentric, slightly irregular circles in a lighter grey tone. A horizontal orange bar is positioned above the main title. To the right of the title, there is a vertical rectangular area containing a collage of yellow and orange-toned images of cars, overlaid with a grid of small dots.

Anexos

La ATG es una autorizada por la NHTSA para verificar si los vehículos cumplen con algunos FMVSS. En el cuadro adjunto se muestra cuáles de las pruebas se basan simplemente en inspección visual y cuáles no, y el precio de cada una de ellas, el cual puede variar entre cada una de las compañías autorizadas por la NHTSA para realizar las pruebas⁴⁹.

Anexo A.

Resumen de las pruebas que ATG realiza para verificar si los vehículos cumplen con las FMVSS y sus costos estimados.

				by the manufacturer
111V	Rear View Mirrors	Visual inspection	\$5,000	
113	Hood Latch Systems	Visual inspection	\$5,000	
114-02	Theft Prevention and Rollaway Prevention	Visual inspection and Physical tests	\$12,000	
116-04	Hydraulic Brake Fluids	White paper Documentation	\$1,000	Assumes the use of brake fluid certified by the manufacturer
118-06	Power Operated Window Systems	Visual inspection and Physical tests	\$12,000	
124-06	Accelerator Control Systems	Visual inspection and Physical tests	\$10,000	
125-1/2	Warning Devices	Visual inspection and Physical tests	\$10,000	
135-01	Light Vehicle Braking Systems	Visual inspection and Dynamic tests	\$14,000	
138-03	Tire Pressure Monitoring Systems	Visual inspection and Dynamic tests	\$10,000	
139-01/2/3	Pneumatic radial Tires for Light Vehicles	Visual inspection	\$5,000	Assumes the use of tires that are certified by the manufacturer
201-2	Occupant Protection in Interior Impact	Visual inspection and Dynamic tests	\$30,000	
201P	Occupant Protection in Interior Impact – Upper interior Head impact Protection	Visual inspection and Dynamic tests	\$30,000	
202-08/aS	Head Restraints	Visual inspection and Physical tests	\$10,000	
203-02	Impact protection for Driver from Steering Control System	Visual inspection and Physical tests	\$15,000	

204-08	Steering Control Rearward Displacement	Visual inspection and Physical tests	\$15,000	
205	Glazing Materials	Visual inspection	\$5,000	Assumes glass is manufactures to AS1 & 2 standards
206-6/7	Door Locks and Door Retention Components	Visual inspection and Physical tests	\$15,000	
206I	Door Locks and Door Retention Components	Visual inspection and Physical tests	\$15,000	
206S	Door Locks and Door Retention Components	Visual inspection and Physical tests	\$15,000	
207-09 parts 1&2	Seating Systems	Visual inspection and Physical tests	\$30,000	
208-13, sections 1 thru 14	Occupant Crash Protection	Visual inspection and Dynamic tests	\$200,000	These are the crash tests. Includes crash protection, windshield mounting, zone intrusion & fuel system integrity - Frontal
208-14, sections 1 thru 15	Occupant Crash Protection	Visual inspection and Dynamic tests	\$200,000	These are the crash tests. Airbag and seatbelt adjustment requirements
208S-01, Parts 1 thru 6	Occupant Crash Protection	Visual inspection and Dynamic tests	\$200,000	These are the crash tests – Occupant Crash Protection Sled Tests
209-08	Seat Belt Assemblies	Visual inspection and Physical tests	\$15,000	
210-09	Seat Belt Assembly Anchorages	Visual inspection and Physical tests	\$35,000	

212/219/301F	Windshield Mounting	Visual inspection and Physical tests	\$5,000	Performed as part of frontal barrier tests
213-8a thru 9c	Child Restraint Systems	Visual inspection and Physical tests	\$15,000	
214P	Rigid Pole Side impact	Visual inspection and Dynamic tests	\$50,000	This is a nasty crash test – side curtain airbags are virtually required to pass it.
214-S05	Side impact protection Static	Visual inspection and Physical tests	\$50,000	Basically the door bar test
216-05	Roof Crush Resistance	Visual inspection and Physical tests	\$40,000	
216A	Roof Crush Resistance	Visual inspection and Physical tests	\$40,000	
219	Windshield Zone intrusion Standard regulations	Visual inspection and Physical tests	\$5,000	Performed as part of frontal barrier tests
225-01	Child Seat Anchorages	Visual inspection and Physical tests	\$10,000	
301-F-04	Fuel System Integrity	Visual inspection and Physical tests	\$5,000	Performed as part of frontal fixed barrier tests
301-L-04	Fuel System Integrity	Visual inspection and Physical tests	\$5,000	Performed as part of lateral moving barrier tests
301-R-02	Fuel System Integrity	Visual inspection and Physical tests	\$5,000	Performed as part of rear moving barrier tests
302	Flammability of Interior Materials	Visual inspection	\$5,000	Assumes materials are certified by manufacturer
305-01	Electric Vehicles	Visual inspection and Physical tests	TBD	Battery Spill tests

401-01	Interior Trunk Release	Visual inspection and Physical tests	\$6,000	
537-01	Automotive Fuel Economy reports	White Paper Documentation	\$1,000	
581-01	Bumper Standards	Visual inspection and Physical tests	\$30,000	Formerly 215 – aka pendulum tests
-	Noise pass by test	Dynamic Tests	\$15,000	
		Total Estimated ➔	\$1,341,000	

Anexo B. Procedimiento simplificado para realizar las pruebas del FMVSS 105

En la siguiente tabla se muestra una simplificación del procedimiento a seguir para la prueba de laboratorio del FMVSS 105, el cual sirve para vehículos livianos y para vehículos de 4.54 tons de masa o más.

Table 5. FMVSS 105 simplified test procedure for GVWR > 4,540 kg

Section	Number of stops /snubs	Brake-release speed- km/h	Control	Initial brake temperature -°C/ Cycle time	Performance requirement
Service brake system- GVW burnish procedure	500	64-32	0.31g	2.41 km	-
Service brake system- GVW effectiveness test 48 km/h	6	48-0	6 stops equally spaced from 67 N to 667 N	65-95	23.8 m Note 3
Service brake system- GVW effectiveness test 96 km/h	6	96-0	6 stops equally spaced from 67 N to 667 N	65-95	94.5 m
First reburnish -GVW	35	64-32	0.31g	<285 or 2.41 km	-
Service brake system-LLVW (third effectiveness) test 96 km/h	6	96-0	6 stops equally spaced from 67 N to 667 N	65-95	102.1 m
Service brake system-partial system failure-LLVW	4 failed fronts 4 failed rears	96-0	667 N with leakage or failure	65-95	186.8 m
Parking brake test -LLVW	1 forward 1 reverse	0	Drive up 20% grade. Apply 667N service brake. Apply 667 N for foot- operated or 556 N for hand-operated. Release service brake and hold for 5 min	65	Hold vehicle stationary > 5 min Note 3
Parking brake test -GVW	1 forward 1 reverse	0	Drive up 20% grade. Apply 667N service brake. Apply 667 N for foot- operated or 556 N for hand-operated. Release service brake and hold for 5 min	65	Hold vehicle stationary > 5 min Note 3
Service brake system-partial system failure-GVW	4 failed fronts 4 failed rears	96-0	667 N with leakage or failure	65-95	186.8 m
Service brake system- inoperative power unit assist unit test-GVW	4	96-0	667 N with power-assist fully depleted	65-95	186.8 m
Service brake system- failed ABS-GVW	4	96-0	667 N with power-assist fully depleted	65-95	186.8 m
Baseline check snubs (school buses only)	3	64-32	0.31g	65-95	control force 45-400 N
Fade snubs	10	64-32	0.31g	55-65 first snub then 30 sec	control force 45-400 N Note 3
Recovery snubs	5	64-32	0.31g	For first snub, 135 sec after end of last fade snub	Note 1 Note 3
Service brake system-second reburnish	35	64-32	0.31g	<285 or 2.41 km	- Note 3
Baseline check snubs	3	64-32	0.31g	65-95	- Note 3
Fade snubs	20	64-32	0.31g	55-65 first snub then 30 sec	control force 45-400 N Note 3
Service brake system-third reburnish	35	64-32	0.31g	<285 or 2.41 km	- Note 3
Baseline check stops	3	48-5	0.31g	65	- Note 3
Water soaking	1	8-8	Brake fully released	65	Soak for 2 min. Note 3
Wet brake recovery stops	5	48-0	0.31g	As fast as possible after soaking	Note 2 Note 3

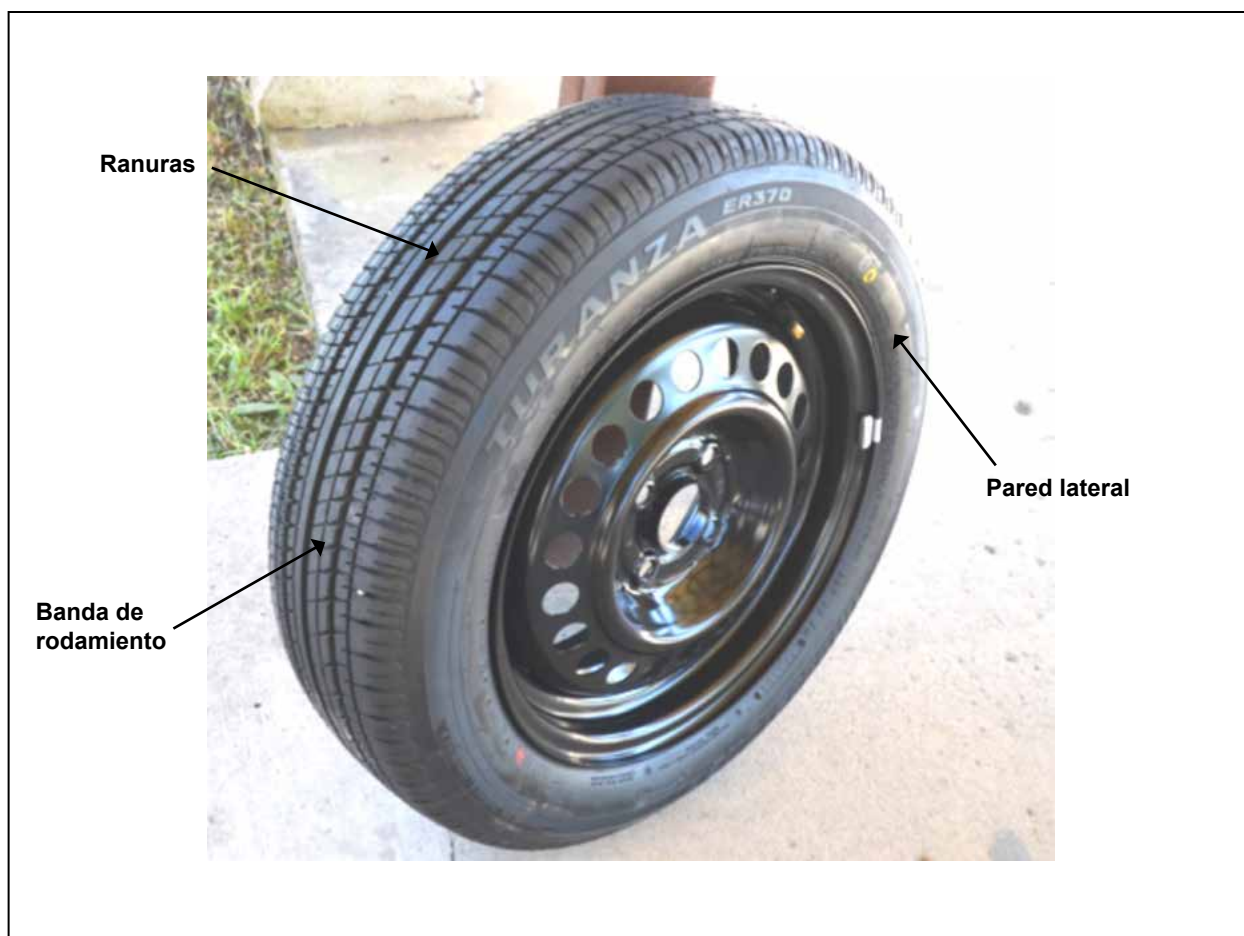
Note 1: maximum control force: 667N for first four. 269 N above the average from baseline check snubs without exceeding 493 N total for the fifth snub. Minimum control force: the lowest from 45 N below the average from the baseline check snubs, or 60% of average from baseline check snubs, or 22N

Note 2: maximum control force: 667 N for first four. 90 N above the average from baseline check snubs without exceeding 445N total for the fifth snub. Minimum control force: the lowest from 45 N below the average from the baseline check snubs, or 60% of average from baseline check snubs, or 22 N

Note 3: apply only to school buses

Anexo C. Llantas

En la siguiente figura se muestran algunas partes de las llantas.



Anexo D. Llantas radiales y diagonales

Las llantas radiales se diferencian de las diagonales en la forma en que se disponen las fibras que forman el cuerpo de la carcasa, entre otros aspectos. Como lo muestra la figura de abajo, en las llantas diagonales las fibras se disponen de forma diagonal unas sobre otras mientras que en las llantas radiales las fibras se colocan de forma radial.

Diferencias entre las llantas radiales y neumáticas



Cortesía de Coker Tire.

Anexo E. Criterios de aceptabilidad biomecánica

Índice de daño en el cuello (Nij)

El índice de daño en el cuello es la suma del cociente de la fuerza axial aplicada sobre el cuello

entre la fuerza axial crítica y cociente del momento aplicado sobre el cuello entre el momento crítico, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$N_{ij} = \left(\frac{F_z}{F_{zc}} \right) + \left(\frac{M_{ocy}}{M_{yc}} \right)$$

Cada uno de las variables mostradas en la ecuación anterior tiene ciertos valores críticos que dependen del tipo de persona que se está estudiando en la prueba. A continuación se indica el significado de las variables y sus valores críticos para el 50 de los hombres adultos (NHTSA, 2009b, p.741):

- F_z = es la fuerza axial aplicada en el cuello, la cual puede ser de tensión o compresión
- F_{zc} = es la fuerza axial crítica sobre el cuello, la cual tiene un valor crítico de tensión de 6860 N y de un valor crítico de compresión de 6160 N
- M_{ocy} = es el momento aplicado en el cuello, el cual puede ser de flexión o de extensión.
- M_{yc} = es el momento crítico aplicado sobre el cuello. Su valor es de 310 Nm si es un momento de flexión y de 135 Nm si es un momento de extensión.

El N_{ij} se puede presentar de cuatro maneras: tensión-extensión, tensión-flexión, compresión-extensión y compresión-flexión, y en ninguno de esos modos se debe sobrepasar un valor de 1 (NHTSA, 2009b, p.741).

Aceleración del tórax (ThAC)

La aceleración del tórax es uno de los criterios biomecánicos que se utiliza para determinar si los vehículos ofrecen suficiente protección contra lesiones en el tórax. En este criterio se miden las aceleraciones que duran al menos 3 ms y se determina en términos de los múltiplos de la gravedad (G).

Criterio de aceptación del fémur (FAC)

Este criterio se basa en la medición de las fuerzas axiales de compresión a las que se pueden someter los fémures de una persona durante un impacto.

Criterio de deflexión de las costillas (RDC)

Este criterio se determina a partir de la deflexión máxima de cualquier costilla producida durante un impacto lateral y se mide en milímetros.

Criterio de los tejidos suaves (VC):

Este criterio determina la respuesta viscosa pico en cualquier costilla, lo cual es una medida que se obtiene al multiplicar el valor de la compresión del tórax por la velocidad a la que ocurre dicha compresión en la mitad de la caja torácica, velocidad que se obtiene a través de la derivada de la función de la compresión con respecto al tiempo, asumiendo que el ancho de la mitad de la caja tórax es de 140 mm, como muestra la siguiente ecuación:

$$VC = \max \left[\frac{D}{0.14} \times \frac{dD}{dt} \right]$$

Criterio de aceptación de la pelvis

Este criterio consiste en determinar la magnitud de la fuerza pico producida en la sínfisis púbica, la cual es un cartílago que une los dos huesos del pubis.

Criterio de aceptación del abdomen

Este criterio se basa en la medición de la fuerza pico abdominal, la cual es el resultado de la suma vectorial de las fuerzas aplicadas en el abdomen durante una colisión.

Anexo F. Valores estándar de las emisiones de gases de la EPA

Tabla E1. Valores estándar de emisiones de gases de la EPA, para vehículos de pasajeros y vehículos de carga

	Vehicle Type	Emissions Category	Useful Life Standard	Test Weight (lbs)	NMOG (g/mi)	NOx (g/mi)	CO (g/mi)	Formaldehyde (g/mi)	PM (g/mi) ^b	
Federal	LDVs	TLEV	Intermediate	All	0.125	0.4	3.4	0.015	–	
		LEV			0.075 ^c	0.2	3.4 ^c	0.015 ^c	–	
		ULEV			0.040	0.2 ^c	1.7	0.008	–	
		TLEV	Full		0.156	0.6	4.2	0.018	0.08	
		LEV			0.090 ^c	0.3	4.2 ^c	0.018	0.08 ^c	
		ULEV			0.055	0.3 ^c	2.1	0.011	0.04	
		LLDTs	TLEV	Intermediate	0–3750 LVW	0.0125	0.4	3.4	0.015	–
			LEV			0.075 ^c	0.2	3.4 ^c	0.015 ^c	–
			ULEV			0.040	0.2 ^c	1.7	0.008	–
			TLEV		3751–5750 LVW	0.160	0.7	4.4	0.018 ^c	–
	LEV		0.100 ^c			0.4	4.4 ^c	0.018 ^c	–	
	ULEV		0.050			0.4 ^c	2.2	0.009	–	
	TLEV		Full	0–3750 LVW	0.156	0.6	4.2	0.018	0.08	
	LEV				0.090 ^c	0.3	4.2 ^c	0.018 ^c	0.08 ^c	
	ULEV				0.055	0.3 ^c	2.1	0.011	0.04	
	TLEV			3751–5750 LVW	0.200	0.9	5.5	0.023	0.08	
	LEV				0.130 ^c	0.5	5.5 ^c	0.023 ^c	0.08 ^c	
	ULEV				0.070	0.5 ^c	2.8	0.013	0.04	
	HLDTs		LEV	Intermediate	0–3750 LVW	0.125 ^c	0.4 ^d	3.4 ^c	0.015 ^c	–
			ULEV		ALVW	0.075	0.2 ^{c,d}	1.7	0.008	–
		LEV	3751–5750		0.160 ^c	0.7 ^d	4.4 ^c	0.018 ^c	–	
		ULEV	ALVW		0.100	0.4 ^{c,d}	2.2	0.009	–	
		LEV	5751+		0.195 ^c	1.1 ^d	5.0 ^c	0.022 ^c	–	
		ULEV	ALVW		0.117	0.6 ^{c,d}	2.5	0.011	–	
LEV		Full	0–3750 LVW	0.180 ^c	0.6	5.0 ^c	0.022 ^c	0.08 ^c		
ULEV			ALVW	0.107	0.3 ^c	2.5	0.012	0.04		
LEV			3751–5750	0.230 ^c	1.0	6.4 ^c	0.027 ^c	0.10 ^c		
ULEV			ALVW	0.143	0.5 ^c	3.2	0.013	0.05		
LEV			5751+	0.280 ^c	1.5	7.3 ^c	0.032 ^c	0.12 ^c		
ULEV			ALVW	0.167	0.8 ^c	3.7	0.016	0.06		

Los valores aquí mostrados ya han sido superados por estándares más actuales. En esta tabla LDV indica los vehículos de pasajeros o similares que pueden transportar 12 personas o menos, LLDT los vehículos de carga liviana con un peso bruto hasta de 6,000 lbs, HLDT los vehículos de carga liviana con un peso bruto mayor a 6,000 lbs, TLEV los vehículos de transición de bajas emisiones, LEV los vehículos de bajas emisiones, ULEV los vehículos de emisiones ultrabajas, LVW el peso del vehículo cargado y ALVW el ajustado peso del vehículo. Obtenida de Light-Duty Vehicle and Light-Duty Truck: Clean Fuel Fleet Exhaust Emission Standard por EPA, recuperada el 18 de setiembre del 2015 de <http://www3.epa.gov/otaq/standards/light-duty/ld-cff.htm>

Notas:

^b Sólo aplica a vehículos de diesel

^c Aplica inherentemente a vehículos de bajas emisiones

^d No aplica a vehículos de diesel

Tabla E2. Valores estándar de emisiones de gases de la EPA, para motocicletas

	Year	Class	Engine Size (cc)	HC (g/km)	HC + NOx (g/km)	CO (g/km)	Useful Life ^a	Warranty ^a
Federal	1978–2005	I	50–169	5.0	–	12.0	5 / 12,000	5 / 12,000
		II	170–279		–		5 / 18,000	5 / 18,000
		III ^b	280+		– ^c		5 / 30,000	5 / 30,000
	2006+	I-A ^b	< 50	1.0	1.4 ^c	12.0	5 / 6,000	5 / 6,000
		I-B ^b	50–169	1.0	1.4 ^c	12.0	5 / 12,000	5 / 12,000
		II	170–279	1.0	1.4 ^c	12.0	5 / 18,000	5 / 18,000
	2006–2009	III (Tier 1)	280+	–	1.4	12.0	5 / 30,000	5 / 30,000
	2010+	III (Tier 2)	280+	–	0.8	12.0	5 / 30,000	5 / 30,000

De aplicación general: estos estándares aplican a modelos de 1978 en adelante, a nuevas motocicletas impulsadas por gasolina construidas después del 31 de diciembre de 1977, y a modelos construidos a partir de 1990; a nuevas motocicletas impulsadas por combustible de metanol construidas después del 31 de diciembre de 1989 y a modelos construidos a partir de 1997; a nuevas motocicletas que utilizan gas natural comprimido o gas licuado de petróleo construidas a partir del 31 de diciembre de 1996; y a motocicletas construidas a partir del 2006 sin importar el tipo de combustible. Recuperada el 18 de setiembre del 2015 de en <http://www3.epa.gov/otaq/standards/light-duty/motorcycles.htm>

Notas:

- ^a La vida útil y el periodo de garantía están expresados en años y kilómetros, lo primero que suceda.
- ^b A partir de los modelos del año 2006, EPA redefinió la clase I, para incluir a las motocicletas con motores de menos de 50 cc. Estos nuevos vehículos previamente no regulados son Clase I-A y la preexistente Clase I se convirtió en la Clase I-B.
- ^c Este es un estándar opcional que le permite a los fabricantes promediar las emisiones en créditos de transferencias de emisiones entre clases

Anexo G. Categorías vehiculares aplicadas en Europa

En este anexo se muestra la descripción de los tipos de categorías vehiculares que se utilizan en la Unión Europea.

Categoría	Descripción
L	Vehículos de motor con menos de 4 ruedas.
L ₁	Vehículos de motor con menos de 4 ruedas.
L ₂	Un vehículo de tres ruedas con una cilindrada no mayor a los 50 cc y/o que, sin importar su método de propulsión, su velocidad máxima no sobrepasa los 50 km/h.
L ₃	Un vehículo de dos ruedas con una cilindrada mayor a los 50 cc y/o que, sin importar su método de propulsión, su velocidad máxima sí sobrepasa los 50 km/h.
L ₄	Un vehículo de tres ruedas asimétricamente colocadas con respecto al plano longitudinal medio, con una cilindrada mayor a los 50 cc y/o que, sin importar su método de propulsión, su velocidad máxima sí sobrepasa los 50 km/h (motocicletas con carros laterales).
L ₅	Un vehículo de tres ruedas simétricamente colocadas con respecto al plano longitudinal medio, con una cilindrada mayor a los 50 cc y/o que, sin importar su método de propulsión, su velocidad máxima sí sobrepasa los 50 km/h.
M	Vehículos de motor de al menos cuatro llantas utilizados para transportar pasajeros.
M ₁	Vehículos utilizados para transportar pasajeros y que no tienen más de ocho asientos además del asiento del conductor.
M ₂	Vehículos utilizados para transportar pasajeros y que no tienen más de ocho asientos además del asiento del conductor, cuya masa máxima no sobrepasa las cinco toneladas.
M ₃	Vehículos utilizados para transportar pasajeros y que no tienen más de ocho asientos además del asiento del conductor, cuya masa máxima sobrepasa las cinco toneladas.
N	Vehículos de carga de al menos cuatro ruedas
N ₁	Vehículos de carga, cuya masa máxima no sobrepasa las 3.5 toneladas
N ₂	Vehículos de carga, cuya masa máxima sobrepasa las 3.5 toneladas, pero es menor a 12 toneladas.
Categoría	Descripción
N ₃	Vehículos de carga, cuya masa máxima sobrepasa las 12 toneladas
O	Remolques y semirremolques.
O ₁	Remolques cuya masa máxima es inferior que 0.75 toneladas.
O ₂	Remolques cuya masa máxima es mayor que 0.75 toneladas, pero menor a 3.5 toneladas.
O ₃	Remolques cuya masa máxima es mayor que 3.5 toneladas, pero menor que 10 toneladas.
O ₄	Remolques cuya masa máxima es mayor que 10 toneladas
T	Camiones agrícolas y forestales

Anexo H. Valores límite del coeficiente de absorción de la luz aplicados en la regulación vehicular Europa N° 24

Nominal Flow G litres/second	Absorption coefficient k m -1 m -2
42	2.26
45	2.19
50	2.08
55	1.985
60	1.90
65	1.84
70	1.775
75	1.72
80	1.665
85	1.62
90	1.575
95	1.535
100	1.495
105	1.465
110	1.425
115	1.395
120	1.37
125	1.345
130	1.32
135	1.30
140	1.27
145	1.25
150	1.225
155	1.205
160	1.19
165	1.17
170	1.155
175	1.14
180	1.225
185	1.11
190	1.095
195	1.08
200	1.065

"From regulation No.24: Uniform provisions concerning: I. The approval of compression ignition (C.I.) engines with regard to the emission of visible pollutants, II. The approval of motor vehicles with regard to the installation of C.I., III. Engines of an approved type, IV. The approval of motor vehicles equipped with C.I. engines with regard to the emission of visible pollutants by the engine, V. The measurement of power of C.I. engine, © 1986, by Department of Transport. Reprinted with the permission of the United Nations."

Glosario

ABS	Sistema de frenos antibloqueo
CMVSS	Estándares canadienses de seguridad de los vehículos de motor
COSEVI	Consejo de Seguridad Vial de Costa Rica
DOT	Departamento de Transporte de los EEUU
ECE	Comisión Económica Europea
EPA	Agencia de protección Ambiental de los EEUU
ESC	Sistema electrónico de control de la estabilidad o ciclo de estado estable europeo según sea el caso
FAC	Criterio de aceptación del fémur
FMVSS	Estándares federales de seguridad de los vehículos de motor de los EEUU
G	En este documento la G mayúscula indica la magnitud de aceleración gravitatoria, con un valor de 9.81 m/s ²
HIC	Criterio de severidad del daño en la cabeza
ISO	Organización Internacional de Estandarización
IVE	Inspección Vehicular
Nij	Índice de daño en el cuello
RCD	Criterio de deflexión de las costillas
SAE	Sociedad de ingenieros automotrices de los EEUU
ThAC	Aceleración del tórax
VC	Criterio de los tejidos suaves

The background features a series of concentric, overlapping circles in various shades of gray and black. A horizontal orange band is positioned across the upper middle section. Below this band, a rectangular area contains a fine grid of small, light gray dots. The text is centered within a dark gray horizontal bar at the bottom.

Ing. Carlos Roberto Güémez Shedden