



PROGRAMAS DE EVALUACIÓN DE AUTOS NUEVOS PARA LOGRAR VEHÍCULOS SEGUROS

David Vázquez Vega
José Ricardo Hernández Jiménez
Manuel de Jesús Fabela Gallegos
Oscar Flores Centeno
Luis Gerardo Sánchez Vela
Mauricio Eliseo Cruz Acevedo

**Publicación Técnica No. 595
Sanfandila, Qro., 2020**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Programas de evaluación de autos nuevos para
lograr vehículos seguros**

Publicación Técnica No. 595
Sanfandila, Qro, 2020

Esta publicación fue realizada en la Coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural del Instituto Mexicano del Transporte, por el M.C. David Vázquez Vega, el M.C. José Ricardo Hernández Jiménez, el Dr. Manuel de Jesús Fabela Gallegos, el M.C. Oscar Flores Centeno, el Ing. Luis Gerardo Sánchez Vela y el Ing. Mauricio Eliseo Cruz Acevedo investigadores del Área de Dinámica Vehicular. Como segunda parte, complementa el producto final del proyecto de investigación interna EI 26/18 Evolución de los Programas de Evaluación de Autos Nuevos (NCAPs) y su relación con las normas nacionales o regionales.

Agradecemos la colaboración del Dr. Miguel Martínez Madrid, Coordinador de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural del Instituto Mexicano del Transporte, por sus valiosos comentarios y recomendaciones aportados para la realización de esta publicación.

Contenido

Índice de figuras	iii
Índice de tablas	vii
Sinopsis.....	ix
Abstract	xi
Resumen Ejecutivo	xiii
Introducción.....	1
1 Protocolos de prueba aplicados por los NCAPs.....	3
1.1 Generalidades de los NCAPs.....	3
1.2 U.S. NCAP.....	8
1.3 ANCAP	12
1.4 IIHS.....	18
1.5 JNCAP	22
1.6 ARCAP	27
1.7 Euro NCAP.....	27
1.8 KNCAP	33
1.9 C-NCAP	41
1.10 Latin NCAP.....	46
1.11 Global NCAP	49
1.12 ASEAN NCAP	51
1.13 C-IASI.....	53
2 Reglamentaciones y Normativas Internacionales sobre Seguridad Vehicular	57
2.1 Reglamentaciones y Normativas Federales de los EUA	59

2.2	Normativas o Estándares en Europa.....	64
2.3	Reglamentaciones promovidas por la Organización de las Naciones Unidas ⁶⁷	
2.4	Reglamentaciones y estándares en Canadá.....	75
2.5	Reglamentaciones y estándares en Australia.....	78
3	Reglamentaciones internacionales orientadas a la protección de ocupantes de vehículos y peatones.....	83
3.1	Protección a ocupantes	84
3.1.1	Reglamentación de los EUA: FMVSS.....	84
3.1.2	Reglamentación aplicada en la Unión Europea: UN/ECE	89
3.1.3	Otras reglamentaciones internacionales en materia de seguridad a ocupantes.....	93
3.2	Protección a peatones.....	94
3.3	Resumen de pruebas de choque para protección a ocupantes: Reglamentación obligatoria vs Protocolos NCAP	97
	Conclusiones.....	105
	Referencias	109

Índice de figuras

Figura 1.1 US NCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida	9
Figura 1.2 US NCAP. Choque lateral oblicuo de barrera deformable móvil	10
Figura 1.3 US NCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido	10
Figura 1.4 US NCAP. Cálculo del Factor Estático de Estabilidad, SSF	11
Figura 1.5 ANCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida	13
Figura 1.6 ANCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	14
Figura 1.7 ANCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE	15
Figura 1.8 ANCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido	15
Figura 1.9 ANCAP. Evaluación del sistema para protección a peatones	16
Figura 1.10 ANCAP. Prueba de simulación de choque posterior	17
Figura 1.11 IIHS. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	19
Figura 1.12 IIHS. Choque frontal con empalme del 25% contra barrera lateral rígida	19
Figura 1.13 IIHS. Choque lateral de barrera deformable móvil	20
Figura 1.14 IIHS. Prueba de aplastamiento de techo	21
Figura 1.15 IIHS. Prueba dinámica de latigazo	21
Figura 1.16 JNCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida	23
Figura 1.17 JNCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	23
Figura 1.18 JNCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil	24
Figura 1.19 JNCAP. Pruebas para evaluar la protección a peatones	24
Figura 1.20 JNCAP. Emulación de choque posterior	26
Figura 1.21 ARCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	27
Figura 1.22 Euro NCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida	28
Figura 1.23 Euro NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	28
Figura 1.24 Euro NCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE	29
Figura 1.25 Euro NCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido	30
Figura 1.26. Euro NCAP. Pruebas de impacto en peatones (cabeza y pierna)	31
Figura 1.27 Euro NCAP. Prueba de simulación de choque posterior	32
Figura 1.28 KNCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida	34
Figura 1.29 KNCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	35

Figura 1.30 KNCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE	36
Figura 1.31 KNCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido.....	36
Figura 1.32 KNCAP. Cálculo del Factor Estático de Estabilidad, SSF	37
Figura 1.33 KNCAP. Descripción de prueba dinámica de vuelco.....	38
Figura 1.34 KNCAP. Pruebas para evaluar la protección a peatones.....	38
Figura 1.35 KNCAP. Etapas del efecto latigazo — <i>Whiplash</i> —	39
Figura 1.36 KNCAP. Prueba de simulación de choque posterior	40
Figura 1.37 C-NCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida	42
Figura 1.38 C-NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	43
Figura 1.39 C-NCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE	43
Figura 1.40 C-NCAP. Pruebas para evaluar la protección a peatones	44
Figura 1.41 C-NCAP. Prueba dinámica de latigazo — <i>Whiplash</i> —.....	45
Figura 1.42 Latin NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	47
Figura 1.43 Latin NCAP. Alternativas de configuración para choque lateral de barrera deformable móvil, impacto del lado del conductor (imagen izquierda) o impacto del lado del pasajero (imagen derecha).....	47
Figura 1.44 Latin NCAP. Alternativas de configuración para choque lateral contra poste rígido, impacto del lado del conductor (imagen izquierda) o impacto del lado del pasajero (imagen derecha).....	48
Figura 1.45 #SAFERCARSFORINDIA/#SAFERCARSFORAFRICA. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	50
Figura 1.46 #SAFERCARSFORINDIA/#SAFERCARSFORAFRICA. Choque lateral de barrera deformable móvil.....	50
Figura 1.47 ASEAN NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable	51
Figura 1.48 ASEAN NCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil	52
Figura 1.49 C-IASI. Choque frontal con empalme del 25% contra barrera lateral rígida	54
Figura 1.50 C-IASI. Choque lateral de barrera deformable móvil.....	55
Figura 2.1 Esquema jerárquico de las FMVSS.....	60
Figura 2.2 Resumen de reglamentaciones internacionales para la seguridad de los vehículos de motor	81
Figura 3.1 Criterio de seguridad reglamentado vs criterio de seguridad NCAP	84
Figura 3.2 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 208 (S16.1(a)(2) —izquierda— y S16.1(b) —derecha—) para choque frontal completo con dummies utilizando el cinturón de seguridad —izquierda— y sin utilizarlo —derecha—	86
Figura 3.3 Configuración para prueba de choque lateral contra barrera rígida móvil establecida en el estándar FMVSS 208 apartado S8.2.....	86
Figura 3.4 Configuración para prueba de vuelco establecida en el estándar FMVSS 208 apartado S8.3.....	87
Figura 3.5 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 208, apartados S17 y S18, para choque frontal parcial con empalme del 40%	87
Figura 3.6 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 214 para choque lateral contra barrera móvil deformable	88

Figura 3.7 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 214 para choque lateral contra poste rígido.	89
Figura 3.8 Prueba de choque frontal completo definida en la reglamentación UN/ECE-R137	90
Figura 3.9 Prueba de choque frontal parcial definida en la reglamentación UN/ECE-R94.....	90
Figura 3.10 Prueba de choque lateral de barrera móvil deformable definida en la reglamentación UN/ECE-R95.....	91
Figura 3.11 Prueba de choque lateral contra poste rígido definida en la reglamentación UN/ECE-R135.....	92
Figura 3.12 Interacción en vialidad común de carruaje, vehículo automotor, bicicleta y peatones.....	95

Índice de tablas

Tabla 1.1 Matriz de pruebas y evaluaciones NCAP	5
Tabla 1.2 Matriz de pruebas y evaluaciones NCAP (continuación).....	6
Tabla 2.1 Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos de Motor, FMVSS	61
Tabla 2.2 Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos de Motor, FMVSS (continuación).....	62
Tabla 2.3 Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos de Motor, FMVSS (continuación).....	63
Tabla 2.4 Reglamentos, directivas y decisiones para vehículos de 4 o más ruedas y sus remolques aplicables en Europa.....	65
Tabla 2.5 Reglamentos, directivas y decisiones para vehículos de 4 o más ruedas y sus remolques aplicables en Europa (continuación)	65
Tabla 2.6 Reglamentos, directivas y decisiones para vehículos de 4 o más ruedas y sus remolques aplicables en Europa (continuación)	66
Tabla 2.7 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 ..	68
Tabla 2.8 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación).....	68
Tabla 2.9 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación).....	70
Tabla 2.10 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación).....	71
Tabla 2.11 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación).....	72
Tabla 2.12 Reglas de las Naciones Unidas sobre Inspecciones Técnicas Periódicas adheridas al Acuerdo de 1997.....	73
Tabla 2.13 Reglamentos Técnicos Mundiales de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1998.....	74
Tabla 2.14 Reglamentación canadiense aplicable a los vehículos de motor	75
Tabla 2.15 Reglamentación canadiense aplicable a los vehículos de motor (continuación).....	76
Tabla 2.16 Reglamentación canadiense aplicable a los vehículos de motor (continuación).....	76
Tabla 2.17 Reglamentación australiana aplicable a seguridad de los vehículos de motor	78
Tabla 2.18 Reglamentación australiana aplicable a seguridad de los vehículos de motor (continuación).....	79
Tabla 2.19 Reglamentación australiana aplicable a seguridad de los vehículos de motor (continuación).....	80
Tabla 3.1 Reglamentaciones internacionales que impulsan la seguridad para los ocupantes de los vehículos de motor ante choques frontal y lateral	93

Tabla 3.2 Reglamentaciones internacionales que impulsan la seguridad para los ocupantes de los vehículos de motor ante choque posterior, impacto con elementos en el interior del vehículo y posible vuelco	94
Tabla 3.3 Reglamentaciones internacionales que impulsan la seguridad para peatones en caso de choque contra un vehículo de motor	96
Tabla 3.4 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. AUSTRALIA.....	98
Tabla 3.5 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. EUROPA.....	99
Tabla 3.6 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. EUA	100
Tabla 3.7 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. EUA (continuación).....	101
Tabla 3.8 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. COREA DEL SUR.....	101
Tabla 3.9 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. JAPÓN.....	102
Tabla 3.10 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. CHINA.....	103
Tabla 3.11 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. INDIA	104

Sinopsis

Esta publicación detalla protocolos de pruebas de choque y otras características de desempeño de automóviles, utilizados por organismos independientes conocidos como Programas de Evaluación de Autos Nuevos (NCAPs) para evaluar y calificar la seguridad de autos nuevos. También se muestran las reglamentaciones obligatorias promulgadas por diferentes organismos gubernamentales nacionales e internacionales. Estas reglamentaciones son diversas, pero se enfatizan aquellas reglamentaciones diseñadas para promover la protección a ocupantes de automóviles y a peatones. Así mismo, se contrastan los requerimientos normativos principales, plasmados en las reglamentaciones obligatorias y en los protocolos de prueba de los NCAP. De esta comparativa se observa que los requerimientos NCAP por lo general son más demandantes que aquéllos establecidos en las reglamentaciones obligatorias gubernamentales. Esto es, dentro de una misma región comercial o país en particular, un modelo de automóvil valorado con la máxima calificación del organismo NCAP correspondiente, será superior en cuanto a la seguridad y protección a sus usuarios en caso de choque, que aquel vehículo certificado o aprobado a través del cumplimiento de su propia reglamentación obligatoria de seguridad. Por tanto, la presencia y actuar de organismos NCAP y la difusión pública de sus resultados coadyuvan a la comercialización de vehículos más seguros.

Abstract

This publication details crash test protocols and other vehicles' performance characteristics, used by independent bodies known as New Car Assessment Programs (NCAPs) to evaluate and rate the safety of new cars. Also, it is shown mandatory regulations issued by different national and international government organizations. These regulations are diverse, but those regulations designed to promote protection to car occupants and pedestrians are emphasized. Likewise, the main normative requirements are compared, reflected in the mandatory regulations and in the NCAP test protocols. From this comparison, it can be seen that NCAP requirements are generally more rigorous than those established in mandatory government regulations. That is, within the same commercial region or a specific country, a car model that gets the highest NCAP rating, will be superior in terms of safety and pedestrian protection, than the one that has been only certified or approved through the compliance with its own mandatory safety regulation. Therefore, the presence and actions of NCAP organizations and the public dissemination of their results contribute to the commercialization of safer vehicles.

Resumen Ejecutivo

El esfuerzo para conseguir una seguridad vial integral implica la realización de diferentes acciones y actividades vinculadas a estrategias identificadas como pilares en el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020. El propósito esencial de esta iniciativa es la estabilización y reversión de las tendencias de víctimas mortales y lesionados derivados de accidentes de tránsito. Uno de estos pilares es que se diseñen, fabriquen y comercialicen vehículos seguros de manera que ante accidentes como colisiones —debidos muchos de ellos por la naturaleza falible del ser humano— el vehículo *per se* proteja tanto a sus ocupantes como a usuarios vulnerables de la infraestructura carretera.

Lograr que un vehículo sea seguro es responsabilidad, en primer lugar, de la industria automotriz, quien debiera realizar un adecuado diseño y fabricación. Desafortunadamente pocos fabricantes de autos ponen el énfasis requerido para ofrecer vehículos seguros que, ante choques relativamente comunes, mantengan la integridad de sus ocupantes —adultos o niños—, evitando lesiones o minimizándolas. En este sentido, el gobierno es corresponsable de lograr vehículos seguros, quien por medio de reglamentaciones o normativas obligatorias establezcan los requerimientos mínimos que deben observar los vehículos para que sean seguros. Desafortunadamente varias de estas reglamentaciones o normas no son diseñadas adecuadamente o si lo son, no son publicadas finalmente, sea por falta de capacidad técnica en los grupos de trabajo normativos o por presión —a través del cabildeo— de la industria automotriz al intentar publicar normas estrictas.

En este trabajo se identifican y describen los protocolos de prueba desarrollados y aplicados por los diferentes organismos independientes que llevan a cabo Programas de Evaluación de Autos Nuevos o NCAP (*New Car Assessment Program*). Así mismo se describen las reglamentaciones y normativas de carácter internacional sobre la seguridad vehicular, enfatizándose finalmente en aquella normativa orientada a la protección de los ocupantes de los vehículos y de los peatones.

En el Capítulo 1 se describen los diferentes esquemas y protocolos de prueba establecidos para cada uno de los doce organismos independientes con características para evaluar y calificar el nivel de seguridad de los automóviles nuevos. Solo diez de estos organismos son reconocidos y forman parte del Programa de Evaluación de Autos Nuevos NCAP y tienen presencia prácticamente en cada uno de los cinco continentes del mundo. Los protocolos y criterios de evaluación de la seguridad de los vehículos que directamente dan cuenta del nivel de protección, tanto a ocupantes como a usuarios vulnerables, consideran en primer lugar la realización de pruebas de choque en diferentes modalidades —choque

frontal, choque lateral y choque posterior—, vuelco y propensión a éste. En este capítulo también se describen algunas otras pruebas de desempeño realizadas por los diferentes NCAP, que aportan elementos para calificar de manera más amplia la seguridad de los vehículos. Las pruebas de desempeño atienden básicamente a elementos como el frenado y las diferentes tecnologías de seguridad que asisten al conductor, características de la seguridad activa.

En el Capítulo 2 se presentan las diferentes reglamentaciones obligatorias en materia de seguridad vehicular, establecidas a través de los diversos marcos legales o normativos empleados por cada país. Estas reglamentaciones abarcan no sólo a los automóviles, sino también al resto de los vehículos automotores, tales como vehículos de pasajeros más grandes, vehículos de carga ligera y pesada, así como a los autobuses e, incluso, particularizando en algunos casos a los vehículos de transporte escolar. Las reglamentaciones presentadas abarcan a países en los cuales se encuentra actuando o tienen presencia e influencia el programa de evaluación de autos nuevos, NCAP. En este capítulo se mencionan los marcos legales, esquemas normativos y reglamentaciones de países con economías desarrolladas e importante influencia de la industria automotriz, como son los Estados Unidos de Norteamérica, Europa, Canadá y Australia, además de mencionar las reglamentaciones desarrolladas por las Naciones Unidas a través del Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29).

Finalmente, en el Capítulo 3 se recopilan las reglamentaciones internacionales que se orientan específicamente para proteger a los ocupantes de los vehículos automotores y a los peatones en caso de accidentes. En dicho capítulo se presentan y contrastan tanto los esquemas de prueba exigidos en la reglamentación obligatoria de Australia, Europa, EUA, Corea del Sur, Japón, China e India, contra los protocolos de prueba ejecutados por los organismos NCAP, particularmente en cuanto al rubro de las modalidades de pruebas de choque frontal (completo y parcial) y lateral contra barrera móvil y contra poste rígido. En esta comparativa resulta evidente que las pruebas señaladas por los diferentes protocolos de los diversos organismos NCAP son, en general, más exigentes o demandantes que los esquemas de prueba señalados en las reglamentaciones obligatorias establecidas en los países donde hay presencia e influencia de los NCAP.

Introducción

Los Programas de Evaluación de Autos Nuevos, identificados internacionalmente como *New Car Assessment Program*, NCAP, surgieron en respuesta a la creciente tasa de mortalidad y lesiones derivadas de los accidentes viales a nivel mundial. La cantidad de víctimas humanas en accidentes viales crecía de manera persistente y constante a la par de cómo crecía la industria automotriz. En los Estados Unidos de Norteamérica —EUA—, principal potencia automotriz de mediados del Siglo XX, se vio nacer este tipo de organismos durante la década de 1970, a través del organismo gubernamental identificado como la Administración Nacional de Seguridad de Tránsito de Carreteras —*National Highway Traffic Safety Administration*, NHTSA—. El objetivo de este organismo fue crear y publicar las Reglamentaciones o Estándares Federales sobre Seguridad de Vehículos de Motor —*Federal Motor Vehicle Safety Standards*, FMVSS—, así como evaluar, por medio de pruebas de choque y desempeño, la seguridad de los vehículos nuevos fabricados y comercializados en los EUA.

Los vehículos de carretera nuevos comenzaron a ser evaluados a través de pruebas de choque sustentados en protocolos que permitieron determinar el nivel de seguridad que dichos vehículos ofrecían tanto a pasajeros —adultos y niños— como a peatones, en caso de colisiones o atropellamientos, respectivamente. Los protocolos de prueba están apegados a las reglamentaciones o estándares obligatorios dictados por la legislación en materia de seguridad vehicular y que todo fabricante de vehículos debe cumplir para poder certificar y comercializar su producto en determinado país o región comercial. Otros protocolos de prueba, diseñados por entidades independientes no gubernamentales, promueven también la producción y comercialización de vehículos seguros en determinadas regiones comerciales. Ambos escenarios de protocolos pretenden evaluar la seguridad vehicular con la diferencia de que los resultados de las pruebas realizadas por organismos independientes son difundidos públicamente al usuario o consumidor.

Estos resultados, siendo del dominio público, produjeron dos efectos: uno sobre los consumidores y otro sobre los fabricantes. El primero fue que el público consumidor podía conocer el nivel de seguridad ofrecido por los diferentes modelos de vehículos automotores probados y comercializados en los EUA. De esta forma, podía conocer y comparar la seguridad de los vehículos y, como consecuencia, contar con una herramienta de juicio que le permitiera orientar su decisión de compra hacia modelos de vehículos mejor calificados. El segundo efecto fue que los diferentes fabricantes automotrices norteamericanos tuvieron qué mejorar sus vehículos a fin de que pudieran lograr mejores desempeños de seguridad por lo que, al ser evaluados, pudieran obtener mejores calificaciones, siendo foco de atención de

usuarios y compradores potenciales. Con ello, EUA dio un importante paso hacia la seguridad vehicular en su territorio.

Actualmente, tanto la manufactura de vehículos automotores realizada por la industria automotriz, como las acciones regulatorias gubernamentales en materia de seguridad vehicular, principalmente en los países desarrollados, han seguido un camino similar al realizado por los EUA durante la década de 1970. Una cantidad relevante de países y regiones comerciales de los cinco continentes, cuentan con reglamentaciones que controlan y vigilan la comercialización de vehículos seguros, así como con organismos independientes que evalúan, califican y dan a conocer públicamente el nivel de seguridad de los vehículos automotores más populares, producidos y comercializados en sus respectivos mercados año con año. Actualmente existen diez organismos independientes que evalúan el desempeño y seguridad de los vehículos automotores en los diferentes países y regiones comerciales del mundo, reconocidos como NCAP. Sin embargo, existen otros dos organismos, uno ubicado en Rusia y otro ubicado en China, que, aunque no están en la lista de organismos NCAP reconocidos internacionalmente, también realizan pruebas de desempeño y choque para evaluar la seguridad de algunos modelos de vehículos comercializados en sus territorios. Similarmente a los NCAP reconocidos internacionalmente, también hacen públicos los resultados de sus evaluaciones.

Las reglamentaciones que promueven la presencia de vehículos seguros es el medio gubernamental a través del cual se obliga a la industria automotriz a diseñar, fabricar y comercializar vehículos más seguros. Sin embargo, una reglamentación débil normalmente tiene como consecuencia que la industria automotriz no se exija a sí misma para comercializar vehículos más seguros. Por tanto, para que un gobierno garantice que en su territorio se comercialicen vehículos realmente seguros, requiere que su reglamentación sea robusta, completa y estricta, tanto en su implementación como en su vigilancia (evaluación de la conformidad). En todo caso, para garantizar que los vehículos automotores son seguros tanto para ocupantes como para peatones y ciclistas, las reglamentaciones locales o regionales deben ser diseñadas e implementadas con el mismo nivel de exigencia que la reglamentación utilizada por los países más desarrollados. De hecho, un paso importante hacia la reglamentación en el tema de vehículos seguros, pudiera ser la participación como país en las actividades del Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29), con visión hacia la adopción de específicas Reglamentaciones de las Naciones Unidas desarrolladas en el seno del WP.29.

1 Protocolos de prueba aplicados por los NCAPs

1.1 Generalidades de los NCAPs

Las diferentes organizaciones que llevan a cabo los Programas de Evaluación de Autos Nuevos (NCAP, *New Car Assessment Program*), poseen sus propios protocolos de prueba, por medio de los cuales evalúan y califican la seguridad de los vehículos nuevos comercializados en sus respectivas regiones. No obstante, existe paralelismo en cuanto a la naturaleza de cada una de las pruebas y sus alcances planificados que, en términos generales, persiguen cuantificar el nivel de daño producido tanto a ocupantes (adulto y niño) como a peatones (adulto y niño) en pruebas de choque y, por ende, del grado de seguridad ofrecida por los diferentes modelos de vehículos evaluados. Esos niveles de daño son traducidos, junto con otros indicadores, en una calificación que pueda ser fácilmente interpretada por el público consumidor, orientando con ello las decisiones de compra.

En términos generales los protocolos de prueba consideran pruebas de choque, pruebas de desempeño y la presencia de tecnologías que mejoren la seguridad de los vehículos. Entre las pruebas de choque, se consideran choques frontales, laterales, posteriores y de aplastamiento de toldo o resistencia estructural ante vuelco. Dentro de las pruebas de desempeño, algunos NCAP evalúan las capacidades de frenado tanto en seco como en mojado. Finalmente, en cuanto a las tecnologías que mejoran la seguridad de los vehículos, los diferentes NCAP, califican, entre otros, la presencia de sistemas tales como:

Aviso de uso de cinturones de seguridad (SBR, *Seat Belt Reminder*) en las diferentes plazas del vehículo.

Advertencia de colisión frontal (FCW, *Forward Collision Warning*).

Advertencia de abandono o salida de carril (LDW, *Lane Departure Warning*).

Sistema de apoyo para mantenerse en carril (LKS, *Lane Keeping Support*).

Advertencia de colisión en reversa (*Rear-end Collision Warning*).

Sistema de video activado en reversa (RVS, *Rearview Video System*).

Sistema de detección de punto ciego (BSD, *Blind Spot Detection*).

Frenado de emergencia automático o autónomo (AEB, *Autonomous Emergency Braking* para Europa o *Automatic Emergency Braking* para Estados Unidos de Norteamérica).

Frenado de emergencia automático para protección del peatón (PAEB, *Pedestrian Automatic Emergency Braking*).

Asistencia de frenado dinámico (DBS, *Dynamic Brake Support*).

Frenado inminente de choque (CIB, *Crash Imminent Braking*).

Sistema de notificación automática de choque (ACN, *Automatic Crash notification*).

La presencia de tecnologías como el sistema de control electrónico de estabilidad (ESC, *Electronic Stability Control*) y el sistema de frenos antibloqueo (ABS, *Antilock Brake System*) también son calificadas. De hecho, diversos NCAP imponen como requisito para poder aspirar a la máxima calificación, la presencia y funcionalidad de algunos de estos sistemas de tecnologías que mejoran la seguridad ofrecida por los automóviles (Vázquez Vega, 2017).

En las Tabla 1.1 y 1.2 se muestran las matrices de las pruebas para evaluar la seguridad y el desempeño de los vehículos nuevos comercializados en sus respectivas regiones, realizadas por los diferentes NCAP identificados en el mundo. Cada prueba se realiza con base en sus protocolos específicos y configuraciones de prueba, que establecen y definen las características de velocidad del choque, ángulo de impacto, tipo de barrera, masa combinada de barreras móviles y el tipo, cantidad y ubicación de los *dummies* (maniquíes) utilizados. Los protocolos de prueba establecen, además, los procedimientos de preparación que deben ser observados por los ejecutantes para acondicionar el vehículo de prueba, la barrera y los *dummies*. Se definen también los criterios de lesión y las metodologías para el cálculo de las probabilidades de lesión o niveles de estas, así como los procedimientos para la obtención de calificaciones parciales y globales.

Tabla 1.1 Matriz de pruebas y evaluaciones NCAP

	US NCAP NHTSA	ANCAP	IIHS	JNCAP	ARCAP	Euro NCAP	KNCAP
Frontal 100% empalme	Si. Ver Figura 1.1	Si. Ver Figura 1.5	No	Si. Ver Figura 1.16	No	Si. Ver Figura 1.22	Si. Ver Figura 1.28
Frontal 40% empalme	No	Si. Ver Figura 1.6	Si. Ver Figura 1.11	Si. Ver Figura 1.17	Si. Ver Figura 1.21	Si. Ver Figura 1.23	Si. Ver Figura 1.29
Frontal 25% empalme	No	No	Si. Ver Figura 1.12	No	No	No	No
Lateral barrera	Si. Ver Figura 1.2	Si. Ver Figura 1.7	Si. Ver Figura 1.13	Si. Ver Figura 1.18	No	Si. Ver Figura 1.24	Si. Ver Figura 1.30
Lateral poste	Si. Ver Figura 1.3	Si. Ver Figura 1.8	No	No	No	Si. Ver Figura 1.25	Si. Ver Figura 1.31
Vuelco	Si. Ver Figura 1.4	No	Si. Ver Figura 1.14	No	No	No	Si. Ver Figuras 1.32 y 3.33
Protección a peatones	No	Si Ver Figura 1.9	No	Si. Ver Figura 1.19	No	Si. Ver Figura 1.26	Si. Ver Figura 1.34
Seguridad a niños	No	Si	Si	No	No	Si	No
Latigazo	No	Si. Ver Figura 1.10	Si. Ver Figura 1.15	Si. Ver Figura 1.20	No	Si. Ver Figura 1.27	Si. Ver Figuras 1.36 y 3.36
Seguridad adicional	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si

Si = La evaluación de este aspecto se incluye en protocolo

No = La evaluación de este aspecto no se incluye en protocolo

Tabla 1.2 Matriz de pruebas y evaluaciones NCAP (continuación)

	C-NCAP	LATIN NCAP	GLOBAL NCAP #SAFERCARSFORINDIA y #SAFERCARSFORAFRICA	ASEAN NCAP	C-IASI
Frontal 100% empalme	Si. Ver Figura 1.37	No	No	No	No
Frontal 40% empalme	Si. Ver Figura 1.38	Si. Ver Figura 1.42	Si. Ver Figura 1.45	Si. Ver Figura 1.47	No
Frontal 25% empalme	No	No	No	No	Si. Ver Figura 1.49
Lateral barrera	Si. Ver Figura 1.39	Si. Ver Figura 1.43	Si. Ver Figura 1.46	Si. Ver Figura 1.48	Si. Ver Figura 1.50
Lateral poste	No	Si. Ver Figura 1.44 (para aspirar a 5 estrellas)	No	No	No
Vuelco	Si	No	No	No	No
Protección a peatones	Si. Ver Figura 1.40	Si. (para aspirar a Galardón)	No	No	No
Seguridad a niños	Si	Si	Si	Si	No
Latigazo	Si. Ver Figura 1.41	No	No	No	No
Seguridad adicional	Si	Si	No	Si	No

Si = La evaluación de este aspecto se incluye en protocolo

No = La evaluación de este aspecto no se incluye en protocolo

Maniquí o *dummy*.

El maniquí o *dummy* es el principal elemento que permite evaluar el nivel de protección ofrecido tanto a los ocupantes como a los peatones en caso de colisión ya que emulan el comportamiento y respuesta de un cuerpo humano. Un dummy es referido técnicamente como un Dispositivo Antropomórfico de Prueba o ATD (*Anthropomorphic Test Device*), siendo actualmente el resultado de más de 65 años de investigación y desarrollo en el área de seguridad, tanto de la industria aeroespacial como de la automotriz. La clasificación de cada dummy depende de las características antropométricas, antropomórficas y biomecánicas que ostenten asociadas con la edad y el sexo de acuerdo a la complejidad y altura representativas de una persona estadísticamente tipificada. El término antropométrico se vincula con las dimensiones geométricas y las proporciones que presenta el dummy en equivalencia y fidelidad a la de un cuerpo humano. El término antropomórfico se refiere a propiedades específicas de forma exhibidas por el dummy en su similitud al cuerpo humano que, entre otras, definen la movilidad, la deformación y las propiedades de masa e inerciales de cada parte o extremidad del cuerpo. El término biomecánico corresponde a las características estructurales y funciones mecánicas de los diversos órganos humanos tales como el cerebro, las vísceras y las extremidades, entre otros.

Las diferentes clases, tamaños, tipos de estructuras y composición de un *dummy* son utilizadas de acuerdo a los propósitos particulares de investigación. Por ejemplo, diferentes clases de dummies son utilizados en la posición del conductor para evaluar la respuesta ante choques frontales, laterales y posteriores, aunque todos ellos de manera general pudieran corresponder a un hombre adulto de talla mediana (alrededor de 75 kg). La diferencia estriba en el detalle de cuerpo que usualmente implica diversos tipos, cantidad y ubicación de sensores colocados dentro del maniquí, que pueden llegar a superar los doscientos sensores. Gracias a esa instrumentación es posible cuantificar fuerzas, desplazamientos, deformaciones, deflexiones, aceleraciones y pares (momentos) que ocurren en diversas partes del cuerpo humano, tales como la cabeza, el cuello (vértebras), los hombros, los brazos, las manos, el tórax (costillas), la espalda (columna vertebral), el abdomen, la pelvis, las piernas y los pies. Estos parámetros están asociados tanto a movimientos lineales como angulares, abarcando los seis grados de libertad del movimiento de un cuerpo en el espacio. Aspectos como la repetibilidad y reproducibilidad de las mediciones deben mantenerse dentro de las tolerancias establecidas. Ya que los dummies son empleados en pruebas destructivas (choques) donde se desarrollan aceleraciones, fuerzas y deformaciones extraordinarias, los dummies deben ser durables, estables y de uso y manipulación sencilla. (carhs, 2013).

Los dummies empleados en las diversas pruebas de choque para representar a los ocupantes de los vehículos, corresponden a hombre adulto de talla mediana promedio, mujer adulta de talla pequeña promedio y niños de 10, 6, 3 y 1,5 años. Por otro lado, el dummy representativo de un peatón intenta emular el

comportamiento de la cabeza humana (adulto o niño), así como de pierna humana (parte superior e inferior).

El dummy que emula el comportamiento biomecánico de un hombre adulto de tamaño y talla mediana promedio, utilizado como pasajero en las pruebas de choque frontal completo (100%) o con empalmes parciales (40% o 25% del ancho del vehículo), son técnicamente identificados como Hybrid III 50%, también referido como HIII 50%, HIII-50M o HIII 50th. Para estas mismas pruebas, el dummy que emula el comportamiento biomecánico de una mujer adulta de tamaño y talla pequeña, es el Hybrid III 5%, HIII 5%, HIII 5th, HIII-05F o HIII-5F.

Los maniquíes que emulan el comportamiento biomecánico de niño o niña utilizados en las pruebas de choque frontal (completos o con empalmes) y lateral con barrera, corresponden a los dummies identificados como de la Serie-Q. Así, los dummies para emular niños de 10, 6, 3 y 1,5 años de edad se identifican técnicamente como Q10, Q6, Q3 y Q1,5, respectivamente. Otros dummies de infantes o niños utilizados en algunas pruebas de los NCAP son el CRABI 6MO —dummy correspondiente a bebé de 6 meses de edad—; el TNO P3/4 —dummy de bebé de hasta 9 meses de edad—; y el Hybrid III 3YO —dummy de niño de 3 años de edad—.

En referencia a los dummies que representan a un hombre adulto de talla mediana promedio en pruebas de choque lateral de barrera deformable móvil o contra poste rígido, su identificación corresponde a WorldSID 50%, WS 50%, WorldSID 50th, EuroSid-2 o ES-2, o bien, EuroSid-2re o ES-2re. Por otro lado, el dummy de mujer adulta de talla pequeña promedio en estas mismas pruebas, se identifica como SID IIs.

El dummy o componente que mide las fuerzas, deformaciones y elongaciones experimentadas por una pierna humana debido al impacto de la parte frontal de un vehículo — facia o defensa y parrilla— se conoce como “*impactador*” de pierna o de forma de pierna flexible de peatón, Flex-PLI (*Flexible Pedestrian Legform Impactor*). Las pruebas de impacto en cabeza humana de un peatón (adulto o niño) y evaluación del daño ocasionado por el choque de esta contra el cofre, parabrisas o pilar-A de un vehículo, se llevan a cabo por medio de un elemento conocido “*impactador*” de cráneo o de forma de cabeza, HI (*Headform Impactor*).

1.2 U.S. NCAP

La evaluación de la seguridad de los vehículos nuevos efectuada por la Administración Nacional de Seguridad de Tránsito de Carreteras (NHTSA, *National Highway Traffic Safety Administration*) se basa en la realización de pruebas de seguridad y en la revisión de ciertas características de seguridad. Ambas se sustentan en protocolos de prueba establecidos por la propia NHTSA. Las pruebas de seguridad incluyen la prueba de choque frontal contra barrera rígida, la prueba de choque lateral contra barrera deformable móvil, la prueba de choque lateral contra poste rígido y la prueba de resistencia al vuelco. Las características de seguridad revisadas por la NHTSA conciernen a las tecnologías avanzadas que

pueden evitar choques, tales como la advertencia de colisión frontal (FCW), el frenado de emergencia automático (AEB) y la advertencia de abandono o salida de carril (LDW). A continuación se describen aspectos relevantes de cada una de estas pruebas, con base en sus respectivos protocolos (NHTSA-Ratings, 2018).

- **Prueba de choque frontal contra barrera rígida.** El vehículo se impulsa mediante un mecanismo de propulsión para generar una velocidad de impacto de 56,3 km/h (35 mph) contra una barrera rígida con 100% de empalme. El impacto es equivalente al choque frontal entre vehículos idénticos en dos distintos escenarios: a) cuando uno se desplaza a 112,6 km/h (70 mph) y el otro está detenido, o b) ambos se desplazan uno contra otro a 56,3 km/h (35 mph) cada uno (Hershman, THE U.S. NEW CAR ASSESSMENT PROGRAM (NCAP): PAST, PRESENT AND FUTURE, 2001). La calificación obtenida mediante esta prueba solo es comparable entre vehículos de segmentos similares y con diferencias de masas de hasta ± 113 kg (± 250 lb). El análisis evalúa el daño en cabeza, cuello, pecho y fémur de los pasajeros adultos ubicados en asientos delanteros. La Figura 1.1 muestra la configuración básica de esta prueba.

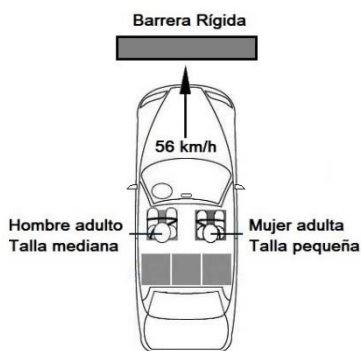


Figura 1.1 US NCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida

- **Prueba de choque lateral de una barrera deformable móvil.** En esta prueba se utiliza una barrera deformable móvil (MDB, *Moving Deformable Barrier*) con masa total de 1369 kg (3015 lb) que se desplaza a 62 km/h (38,5 mph) e impacta el costado del vehículo sobre el lado del conductor a un ángulo de impacto de 90°. La MDB describe un vector de velocidad de 62 km/h a 27° con respecto al eje transversal del vehículo. El análisis evalúa el daño en cabeza, pecho, abdomen y pelvis de los pasajeros adultos, ubicados tanto en los asientos delantero y posterior del lado izquierdo del vehículo. La calificación otorgada a los vehículos evaluados es comparable entre ellas, ya que el impacto es producido por un mismo tipo de MDB. La Figura 1.2 muestra la configuración básica de esta prueba.

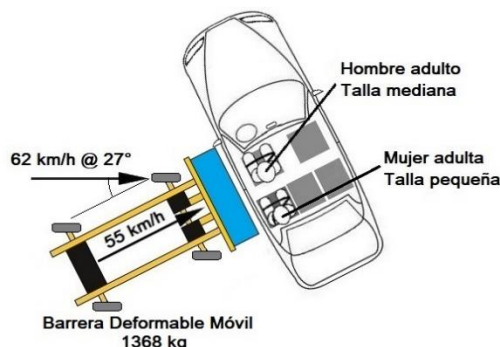


Figura 1.2 US NCAP. Choque lateral oblicuo de barrera deformable móvil

- **Prueba de impacto lateral oblicuo contra poste rígido fijo.** El impacto se aplica sobre el vehículo en posición oblicua (75°) en lado del conductor, el cual se mueve lateralmente a 32 km/h (20 mph), hasta impactar un poste rígido de 254 mm (10 pulg.) de diámetro. Esta prueba emula el choque del vehículo después de perder el control saliendo del camino, deslizándose lateralmente e impactando oblicuamente contra un objeto fijo en el camino, tal como un poste telefónico o un árbol. El análisis evalúa el daño en cabeza, pecho, columna vertebral baja, abdomen y pelvis del conductor adulto. La Figura 1.3 muestra la configuración básica de esta prueba.

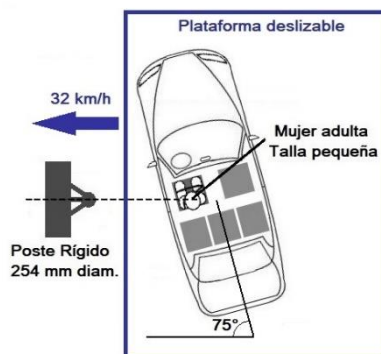


Figura 1.3 US NCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido

- **Evaluación de la propensión al vuelco.** La evaluación se realiza a través del Factor Estático de Estabilidad (SSF, *Static Stability Factor*). Para determinar dicho factor, se identifica la ubicación del centro de gravedad (CG) del vehículo en términos de la entrevía (t) y la altura de ubicación del CG (h), como se muestra en el esquema de la Figura 1.4, aplicando la expresión:

$$SSF = \frac{t}{2h}$$

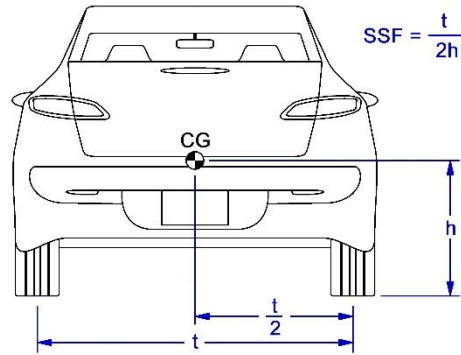


Figura 1.4 US NCAP. Cálculo del Factor Estático de Estabilidad, SSF

- **Valoración de tecnologías de asistencia para el conductor que mejoran la seguridad del vehículo.** Las tecnologías de asistencia evaluadas y ponderadas por la NHTSA son las siguientes (NHTSA-Driver Assistance Technologies, 2018):
 - Sistemas de frenado de emergencia automáticos, AEBS (*Automatic Emergency Braking System*). Entre estos sistemas se encuentran el apoyo de frenado dinámico, DBS (*Dynamic Brake Support*) y el frenado inminente de choque, CIB (*Crash Imminent Braking*). Estos sistemas ayudan al conductor a evitar un choque o, en caso de ocurrir, a reducir la seriedad del mismo por medio de la aplicación de los frenos —función CIB— o en apoyar al conductor a aplicar los frenos al máximo para detener al vehículo completamente —función DBS—;
 - Sistema de video activado en reversa, RVS (*Rearview Video System*) el cual auxilia al conductor a seguir una trayectoria en reversa de manera segura, permitiendo identificar mediante una cámara y pantalla cualquier objeto o individuo ubicado en dicha trayectoria;
 - Sistema de advertencia de colisión frontal, FCW (*Forward Collision Warning*), el cual alerta al conductor cuando su vehículo se acerca demasiado o muy rápido al vehículo de enfrente, dando tiempo de frenar o virar para evitar el choque;
 - Sistema de advertencia de abandono de carril, LDW (*Lane Departure Warning*), el cual alerta al conductor cuando sin intención, sin haber señalado el cambio de carril por medio del direccional, el vehículo comienza a salirse de su carril actual, de manera que ofrece oportunidad al conductor de virar el volante para corregir la trayectoria regresando al carril inicial.

Algunas tecnologías de asistencia de seguridad que se encuentran en desarrollo o en las primeras etapas de implementación en vehículos y que probablemente sean incorporadas en actualizaciones futuras de protocolos de prueba, evaluación y calificación del U.S. NCAP, son los siguientes (US DOT - NHTSA, 2018), (NHTSA-Ratings, 2018):

- Apoyo para mantenerse en carril, LKS (*Lane Keeping Support*), el cual corrige de manera autónoma la dirección del vehículo mediante el control del volante, a fin de evitar cualquier salida de carril no intencional.
- Frenado de emergencia automático para protección del peatón, PAEB (*Pedestrian Automatic Emergency Braking*), el cual, de automáticamente aplica los frenos del vehículo cuando un peatón cruza o se encuentra frente al vehículo y el conductor no toma ninguna acción para evitar el impacto.
- Detección de punto ciego, BSD (*Blind Spot Detection*), el cual advierte al conductor cuando intenta cambiar de carril y hay un vehículo en la zona de su punto ciego.
- Notificación automática de choque, ACN (*Automatic Crash Notification*), el cual notifica automáticamente a cuerpos de rescate la ocurrencia de un choque, así como su ubicación, haciendo más eficiente y efectiva las acciones de rescate y atención del accidentado.
- Iluminación adaptativa, AL (*Adaptive Lighting*), el cual automáticamente acciona el cambio de luces altas a bajas cuando un vehículo se aproxima por enfrente en el carril opuesto y vuelve a accionar las luces altas cuando ha pasado.
- Frenado automático en reversa, RAB (*Rear Automatic Braking*), el cual detecta una potencial colisión en reversa y automáticamente acciona los frenos si el choque es inminente.
- Alerta de cruce de tránsito posterior, RCTA (*Rear Cross Traffic Alert*), el cual advierte al conductor de un potencial choque en reversa cuando el objeto o sujeto están fuera de la visión de la cámara posterior.
- Asistencia de centrado de carril, LCA (*Lane Centering Assist*), el cual ajusta continuamente el volante a fin de mantener al vehículo circulando en el centro del carril.
- Asistencia de congestionamiento de tránsito, TJA (*Traffic Jam Assist*), el cual automáticamente acelera y frena al vehículo con base en el flujo del tránsito, además de mantener al vehículo dentro de las líneas de su carril, incluso en curvas.
- Piloto en carretera, HP (*Highway Pilot*), el cual mantiene tanto al vehículo dentro de su carril, como una distancia prudente con el que le antecede, acelerando o frenando según sea necesario.
- Control crucero adaptativo, ACC (*Adaptative Cruise Control*), el cual automáticamente ajusta la velocidad del vehículo para mantener la distancia preestablecida de separación con el vehículo que le antecede.

1.3 ANCAP

Las pruebas, ensayos y valoraciones realizadas a través del Programa de Evaluación de Autos Nuevos de la Región de Australia y Nueva Zelanda, ANCAP (*Australasian New Car Assessment Program*) califican la seguridad de los vehículos

nuevos comercializados en dicha región comercial. ANCAP define protocolos de prueba que incluyen la evaluación de las áreas de protección al ocupante adulto, AOP (*Adult Occupant Protection*), de protección al ocupante niño, COP (*Child Occupant Protection*), de protección a usuarios vulnerables que usan los caminos, VRUP (*Vulnerable Road User Protection*) y de la incorporación de tecnologías de asistencias de seguridad, SA (*Safety Assist*). Cada una de estas áreas se prueba, evalúa y califica por medio de la realización de ensayos de choque y por medio de la valoración de la presencia y efectividad de tecnologías de seguridad incorporadas en el vehículo (ANCAP-Test & Assessment Protocols, 2018). A continuación, se detallan las pruebas y evaluaciones realizadas por ANCAP para calificar la seguridad global de vehículos nuevos comercializados en la región australiana y neozelandesa:

- **Choque frontal completo contra barrera rígida.** Como el nombre lo indica, el vehículo bajo prueba se hace impactar a 50 ± 1 km/h contra una barrera rígida al 100% de empalme. La barrera consiste de un bloque de concreto reforzado con masa total no menor de 70 toneladas métricas. A fin de calificar el nivel de protección para adultos derivado de esta prueba, en el interior del vehículo se colocan dos dummies representativos de mujeres adultas de talla mediana, uno sobre el asiento del conductor y otro en el asiento posterior extremo y opuesto al conductor. Técnicamente, estos dummies corresponden a la clasificación HIII 5% o HIII 05F. La Figura 1.5 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

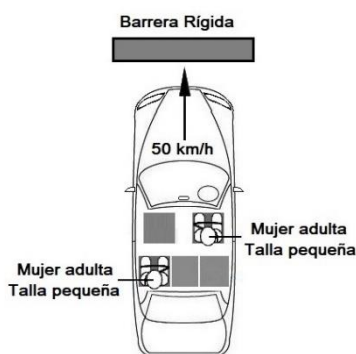


Figura 1.5 ANCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida

- **Choque frontal parcial contra barrera deformable.** El vehículo, desplazándose a una velocidad de 64 ± 1 km/h, se impacta contra la barrera con un empalme del 40% del ancho del vehículo ± 20 mm, del lado del conductor. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba, requiere de la colocación de cuatro dummies en el interior del vehículo. Dos de ellos corresponden a hombres adultos de talla mediana, los cuales se colocan en los dos asientos delanteros. Los otros dos corresponden a niños de 6 años y 10 años, colocados en los asientos extremos posteriores. El asiento posterior del lado del conductor albergará el dummy que representa al niño de 6 años,

mientras que detrás del asiento del copiloto, se ubica el dummy que representa al niño de 10 años de edad. Técnicamente los dummies adultos corresponden a la clasificación HIII 50%; los dummies que representan a los niños de 6 y 10 años de edad, corresponden a la clasificación Q6 y Q10, respectivamente. La Figura 1.6 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

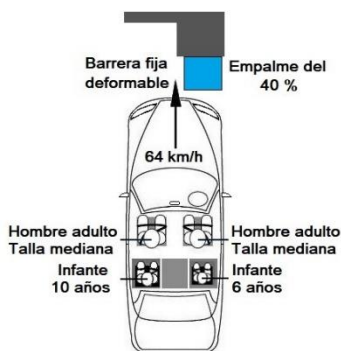


Figura 1.6 ANCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Choque lateral de un sistema de chasis.** El vehículo es impactado por un sistema de chasis con ruedas equipado con barrera deformable que, en conjunto, chasis y barrera, conforman una masa combinada de 1300 ± 20 kg y se desplazan a 50 ± 1 km/h. La barrera deformable junto con el chasis con ruedas se identifica técnicamente como AE-MDB (*Advanced European Mobile Deformable Barrier*). La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba, requiere de la colocación de tres dummies en el interior del vehículo, colocándose uno correspondiente a un hombre adulto de talla mediana en el asiento del conductor. Dos dummies correspondientes a niños de 6 años y 10 años se ubican en los asientos extremos posteriores; el que representa al niño de 10 años en el asiento posterior del lado del conductor, mientras que detrás del asiento del copiloto, el que representa al niño de 6 años de edad. Técnicamente el dummy adulto corresponde a la clasificación WorldSID 50%; los dummies que representan a los niños de 6 y 10 años de edad, corresponden a la clasificación Q6 y Q10, respectivamente. La Figura 1.7 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

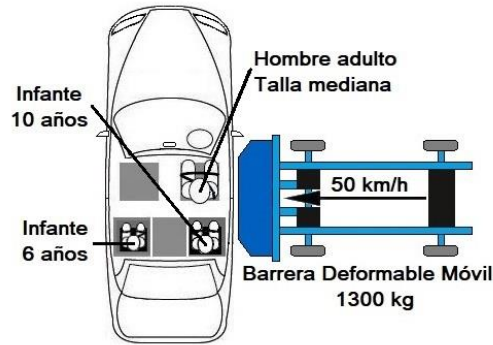


Figura 1.7 ANCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE

- **Choque lateral oblicuo.** El vehículo se impacta de manera oblicua ($75^\circ \pm 3^\circ$) contra un poste cilíndrico metálico vertical, fijo y rígido. Para desplazar el vehículo, se monta sobre una plataforma deslizante a $32 \pm 0,5$ km/h que, al inicio del movimiento, su aceleración inicial no debe exceder de $1,5 \text{ m/s}^2$. El poste metálico debe ser de un diámetro de 254 ± 3 mm. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba requiere que en el asiento del conductor se ubique un dummy que represente a un hombre adulto de talla mediana, técnicamente clasificado como WorldSID 50%. La Figura 1.8 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

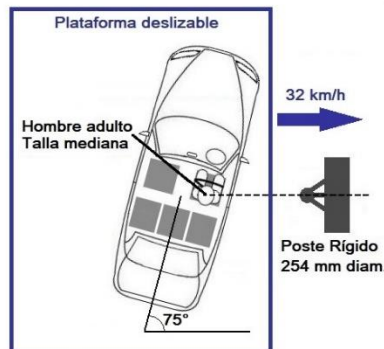


Figura 1.8 ANCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido

- **Evaluación de sistema de protección a peatones.** Esta se lleva a cabo a través de pruebas de impacto sobre elementos emuladores de cabeza (para adulto y niño) y para la pierna superior e inferior de un peatón contra el frente del vehículo. Adicionalmente, la calificación de protección a peatones se complementa por medio de pruebas que involucran la evaluación de tecnologías de asistencia de seguridad como el frenado de emergencia autónomo, AEB (*Autonomous Emergency Braking*), particularmente el sistema orientado hacia la protección del usuario vulnerable que utiliza los caminos y carreteras, VRU (*Vulnerable Road User*), identificado como PAEB (*Pedestrian Autonomous Emergency Braking*). Con dicho sistema se pretende evitar el golpe o atropellamiento de peatones y ciclistas cuando se anteponen a la trayectoria del vehículo, de manera que éste frena

autónomamente (sin la intervención del conductor del automóvil). Las pruebas se realizan bajo diversos escenarios de velocidad. Esta evaluación complementaria requiere indirectamente de la existencia en el vehículo del sistema de advertencia de colisión frontal o FCW. La Figura 1.9 muestra las diferentes configuraciones de los elementos biomecánicos de impacto para la evaluación del daño a peatones.



Figura 1.9 ANCAP. Evaluación del sistema para protección a peatones

- **Evaluación de la seguridad a niños.** Además de realizar esta evaluación dinámicamente por medio de las diversas pruebas de impacto frontal y lateral, ANCAP también evalúa y califica los aspectos de etiquetado o marcado de advertencia de bolsas de aire en asiento de pasajero, función para deshabilitar la bolsa de aire del pasajero, presencia y uso de los sistemas de redención infantil tipo ISOFIX y valoración de la facilidad de instalación de los dispositivos de restricción infantil como sillas y sillones infantiles.
- **Pruebas dinámicas para evaluación del efecto latigazo en pasajeros ubicados en los asientos delanteros de un vehículo.** Esta prueba permite evaluar el desempeño tanto de los asientos delanteros como del ensamble de retención de cabeza (cabeceras), a fin de proteger a pasajeros de lesiones en el cuello debido a choques. Las pruebas se realizan para tres condiciones de severidad: baja, media y alta. Las pruebas dinámicas son concebidas para simular un choque posterior típico en el cual el vehículo impactado estaría inicialmente en reposo y, después del impacto, se movería muy lentamente hacia adelante. La prueba se emula por medio de la instalación y fijación del ensamble completo del asiento del conductor sobre una mesa o plataforma deslizable, instalando el dummy especializado para este tipo de prueba de manera normal sobre el asiento y quedando viendo hacia la dirección del movimiento generado por el impacto. Para esta prueba se emplea el dummy especial para impactos posteriores identificado técnicamente como BioRID IIg (hombre adulto de peso y talla mediana). A diferencia de los dummies empleados en las pruebas de choque frontal y lateral, este dummy replica con mayor fidelidad la biomecánica de vertebras (columna vertebral) y

cervicales (cuello). La Figura 1.10 muestra una representación de esta prueba dinámica.

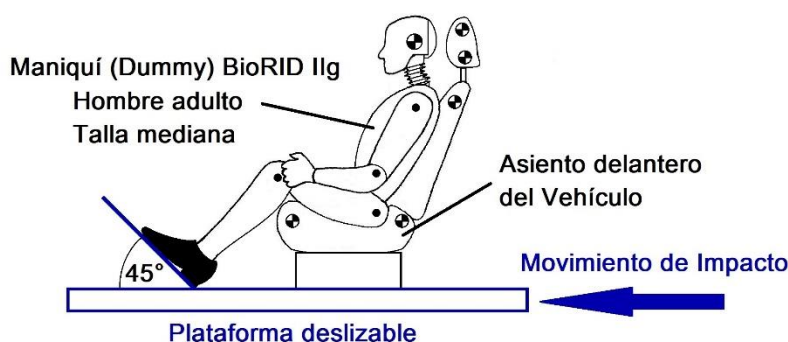


Figura 1.10 ANCAP. Prueba de simulación de choque posterior

- **Prueba estática para evaluación de efecto latigazo en asientos delanteros y posteriores.** Con el propósito de evaluar la prevención de lesiones por el efecto latigazo en pasajeros ubicados tanto en los asientos delanteros como en los posteriores de un vehículo, este protocolo considera solo la evaluación de la geometría y posicionamiento de los sistemas de retención de cabeza (cabeceras), a fin de identificar si las cabeceras instaladas en el vehículo pueden ser posicionadas de manera que se pueda reducir el movimiento excesivo de la cabeza durante un impacto posterior, así como ofrecer un soporte efectivo a la misma.
- **Valoración y evaluación de los sistemas de asistencia de seguridad.** Los sistemas a los que se aplica son tales como el de aviso o reiteración de uso de cinturones de seguridad, SBR (*Seat Belt Reminder*) para todas las plazas del vehículo, el cual puede generar señales visuales y/o audibles acerca de los pasajeros que no se han colocado el cinturón de seguridad; el sistema de asistencia de velocidad, SAS (*Speed Assist System*), el cual a través de funciones como información sobre el límite de velocidad, SLIF (*Speed Limit Information Function*) o la función de control de velocidad, apoyan o advierten al conductor sobre la velocidad del vehículo a fin de mantenerla dentro del límite establecido en el camino o preestablecido por el propio conductor. La calificación parcial otorgada por ANCAP en este rubro también considera la tecnología del sistema de frenado de emergencia autónomo, AEB (*Autonomous Emergency Braking*) particularmente el correspondiente al de frenado de emergencia autónomo interurbano, AEB Inter-Urban, el cual es diseñado para operar a velocidades típicas fuera de un ambiente citadino, tales como caminos urbanos y carreteras. La valoración del AEB Inter-Urban considera la evaluación de las funciones de seguridad correspondientes al AEB, a la de advertencia de colisión frontal, FCW (*Forward Collision Warning*) y a la interfase Humano-Máquina, HMI (*Human Machine Interface*). Cabe destacar que la función FCW se evalúa únicamente cuando el vehículo también incorpora el sistema de apoyo de frenado dinámico, DBS (*Dynamic*

Brake Support). Este último amplifica aún más la demanda de freno del conductor cuando ésta no es suficiente ante una detección simultánea de choque frontal inminente. El protocolo ANCAP asigna un puntaje o calificación al HMI cuando el vehículo, adicional a las advertencias audiovisuales del sistema FCW, dispone de otros medios de alertamiento tales como una señal imperativa en el tablero, un ligero tirón del cinturón de seguridad, una ligera sacudida por aplicación corta del freno, etc., funciones como pretensión reversible del cinturón de seguridad en la fase previa al choque. La evaluación de tecnologías de seguridad de apoyo al conductor valorados por ANCAP, considera también los sistemas de soporte de carril, *LSS (Lane Support Systems)* los cuales son evaluados siempre y cuando el vehículo tiene incorporado el control electrónico de estabilidad, *ESC (Electronic Stability Control)*. Dentro de los LSS se evalúan y califican la advertencia de salida de carril, *LDW (Lane Departure Warning)*; el monitoreo de punto ciego, *BSM (Blind Spot Monitoring)*; el sistema de apoyo para mantenerse en carril, *LKS (Lane Keeping Support)* y el sistema de emergencia para mantenerse en carril, *ELK (Emergency Lane Keeping)*.

1.4 IIHS

Las pruebas realizadas por el Instituto de Seguros para la Seguridad de Carreteras, IIHS (*Insurance Institute for Highway Safety*) tienen como objetivo calificar la seguridad de los vehículos nuevos comercializados en los EUA. Se fundamenta tanto en protocolos de prueba como en protocolos de evaluación y calificación (*Insurance Institute for Highway Safety-Highway Loss Data Institute, IIHS-HLDI, 2018*). Las pruebas realizadas por el IIHS consideran los aspectos de choques frontal, lateral y posterior, así como el rubro de sistemas de retención infantil. Las pruebas y evaluaciones realizadas por el IIHS son las siguientes:

- **Prueba de choque frontal con empalme parcial.** El impacto se realiza contra una barrera con un empalme del $40\pm 1\%$ del ancho del vehículo, del lado del conductor, a una velocidad de impacto de $64,4\pm 1$ km/h ($40\pm 0,6$ mph). El vehículo es acelerado por un sistema de propulsión que le aplica al vehículo una aceleración promedio de $0,3$ g ($2,94$ m/s²) hasta alcanzar y mantener la velocidad requerida para el impacto. Apenas $0,25$ m antes de impactar la barrera, el mecanismo de propulsión es desenganchado y el vehículo deja de ser impulsado para posteriormente chocar contra la barrera. Un sistema de frenado instalado en el vehículo aplica los frenos de servicio a todas las ruedas 1 segundo después que el vehículo fue liberado por el sistema de propulsión, tiempo suficiente para que el vehículo haya impactado contra la barrera. A fin de evaluar las lesiones en los pasajeros y con ello calificar la seguridad del vehículo, se coloca un dummy en el asiento del conductor emulando un hombre adulto de talla y peso mediano, correspondiente al HIII 50%. La calificación también considera la evaluación del sistema de retención y el desempeño de la estructura. La Figura 1.11 esquematiza la configuración del vehículo y barrera para esta prueba de choque.

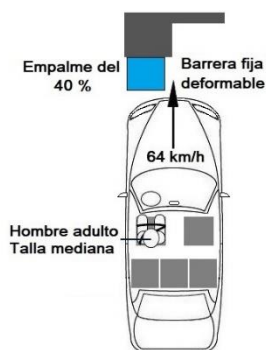


Figura 1.11 IIHS. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Pruebas de choque frontal con empalme pequeño.** Para este caso, el empalme para el impacto es del $25\pm 1\%$ del ancho del vehículo, evaluados por separado del lado del conductor y del copiloto. El vehículo es acelerado por un sistema de propulsión que le aplica al vehículo una aceleración promedio de $0,3\text{ g}$ ($2,94\text{ m/s}^2$) hasta alcanzar y mantener una velocidad de avance de $64,4\pm 1\text{ km/h}$ ($40\pm 0,6\text{ mph}$), en el que el sistema de propulsión libera al vehículo $0,25\text{ m}$ antes de que éste impacte la barrera. Un sistema de frenado instalado en el vehículo aplica los frenos de servicio a todas las ruedas un segundo después que el vehículo fue liberado por el sistema de propulsión. La barrera de impacto debe cumplir con las dimensiones especificadas en el protocolo correspondiente. A fin de evaluar las lesiones en los pasajeros y con ello calificar la seguridad del vehículo, se ubica un dummy de hombre adulto de talla y peso mediano en el asiento del conductor, técnicamente uno del tipo HIII 50%. La Figura 1.12 muestra el esquema para esta prueba de choque, mostrando la posición de las barreras para cada prueba independiente.

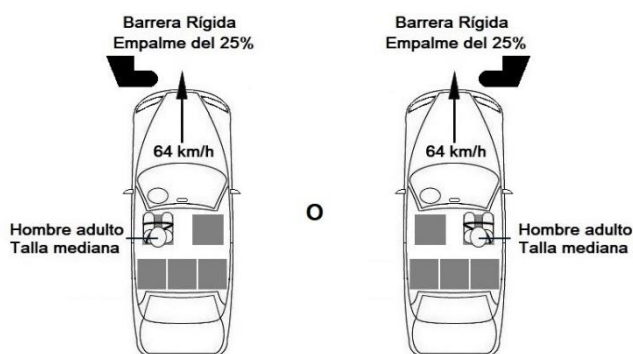


Figura 1.12 IIHS. Choque frontal con empalme del 25% contra barrera lateral rígida

- **Pruebas de choque lateral de barrera deformable móvil.** La barrera móvil MDB (*Moving Deformable Barrier*) se desplaza a $50\pm 1\text{ km/h}$ ($31,1\pm 0,6\text{ mph}$) mientras que el vehículo se mantiene detenido. La MDB —colocada sobre un

chasis de cuatro ruedas con una masa combinada de 1500 ± 5 kg— impacta lateralmente, sobre el lado del conductor, al vehículo con un ángulo de impacto de 90° formado entre el vector de velocidad de la MDB y el eje longitudinal del vehículo. El arreglo de chasis-MDB, que se instrumenta y equipa con cámaras de filmación, es movido por un mecanismo de propulsión que lo acelera y mantiene la velocidad establecida. El sistema de propulsión libera al vehículo 0,25 m antes de que este impacte la barrera. Un sistema de frenado instalado en el arreglo de chasis-MDB aplica los frenos de servicio a todas las ruedas 0,5 segundos después que el vehículo es liberado por el sistema de propulsión, mientras que el vehículo a evaluar mantiene liberados tanto los frenos de servicio como los de estacionamiento. Para el caso de vehículos con centros de gravedad —CG— altos y proclives a volcarse tras el impacto, un sistema de patines antivuelco deberá ser instalados en el lado opuesto a la zona de impacto. A fin de evaluar las lesiones en los pasajeros y con ello calificar la seguridad del vehículo, dos dummies del tipo SID IIs correspondientes a mujeres adultas de talla y peso pequeño son colocados tanto en el asiento del conductor como en el asiento posterior ubicado del mismo lado del conductor, lado de impacto. La Figura 1.13 muestra una descripción de esta prueba de choque.

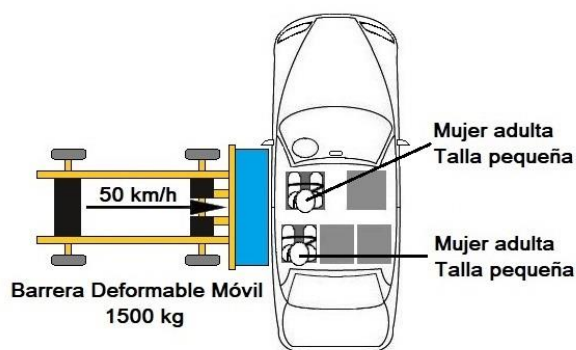


Figura 1.13 IIHS. Choque lateral de barrera deformable móvil

- **Evaluación de la resistencia del techo.** La prueba se realiza por medio del ensayo de aplastamiento del techo del vehículo de manera cuasi-estática, donde una celda de carga (conformada por una placa metálica) aplica determinada fuerza sobre un costado del techo del vehículo. La celda de carga comprime el techo del vehículo por medio de un mecanismo de pistones y soportes, de manera que se desplaza hacia el vehículo a una velocidad de 5 mm/s, comprimiendo el techo del mismo cuando menos una distancia de 127 mm y manteniendo un ángulo con respecto al eje longitudinal de 5° y de 25° con respecto al eje transversal. El historial de la fuerza de compresión se registra durante la realización de la prueba. La Figura 1.14 muestra la configuración para esta prueba.

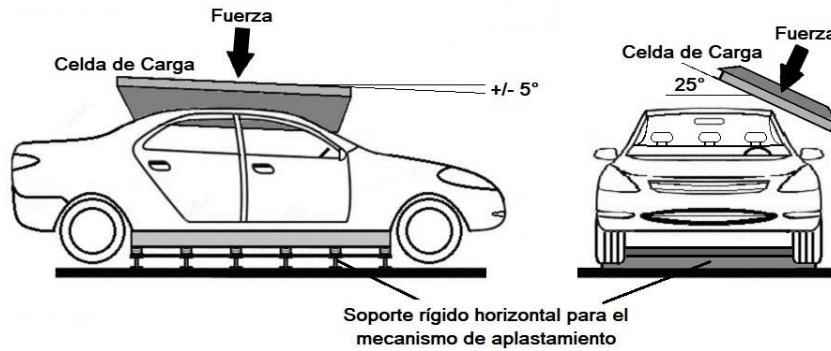


Figura 1.14 IIHS. Prueba de aplastamiento de techo

- **Evaluación de los sistemas de retención infantil.** El protocolo se aplica a sistemas CRS (*Child Restraint System*) y anclaje de sillas para niños LATCH (*Lower Anchors and Tethers for Children*), que se evalúa la accesibilidad para los diferentes sistemas de anclaje (principalmente inferiores), en el que se mide tanto la fuerza requerida para unir un conector al anclaje inferior, como la profundidad del anclaje dentro del asiento. También se mide el ángulo del claro de los anclajes y otros aspectos como la ubicación de los anclajes y la facilidad para ser utilizados.
- **Pruebas dinámicas para evaluación del efecto latigazo en pasajeros ubicados en los asientos delanteros de un vehículo.** Esta prueba permite evaluar el desempeño tanto de los asientos delanteros como del ensamble de retención de cabeza (cabeceras), a fin de proteger a los pasajeros de lesiones en el cuello debido a choques ejercidos sobre la parte posterior del vehículo. Para esta prueba el dummy especial para impactos posteriores, BioRID IIg, se ubica sobre el asiento a evaluar y se ajustan los correspondientes mecanismos de retención. El asiento se coloca sobre una plataforma deslizable por medio de la cual se aplica un determinado perfil de aceleración/deceleración, emulando una condición de choque posterior manteniendo un cambio en velocidad de 16 km/h. El perfil de aceleración contiene un valor pico de 10 g y una duración total de 91 ms. La Figura 1.15 muestra una representación de esta prueba.

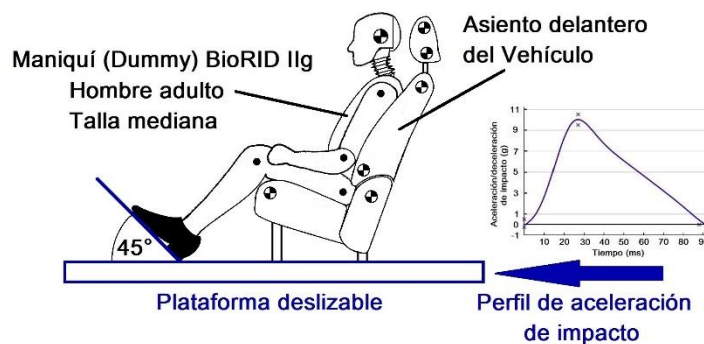


Figura 1.15 IIHS. Prueba dinámica de latigazo

- **Prueba estática de la evaluación para prevención de lesiones por el efecto latigazo.** El protocolo basa la valoración en la evaluación de la geometría y posicionamiento de los sistemas de retención de cabeza (cabeceras) por medio de un dispositivo identificado como Dispositivo de medición de Retención de Cabeza, HRMD (*Head Restraint Measuring Device*).
- **Valoración del sistema de advertencia de colisión frontal.** Esta valoración se aplica a sistemas FCW (*Forward Collision Warning*), frenado de emergencia autónomo, AEB (*Autonomous Emergency Braking*) y el frenado de emergencia automático para protección del peatón, PAEB (*Pedestrian Autonomous Emergency Braking*). La calificación otorgada por el IIHS evalúa también el sistema de iluminación frontal.

1.5 JNCAP

El Programa de Evaluación de Autos Nuevos del Japón, JNCAP (*Japan New Car Assessment Program*) califica la seguridad de los vehículos nuevos evaluados y comercializados en Japón, con base en la ejecución de procedimientos definidos y establecidos en protocolos de prueba desarrollados por la Agencia Nacional para la Seguridad del Automóvil y Asistencia a Víctimas, NASVA (*National Agency for Automotive Safety and Victim's Aid*). Los esfuerzos realizados por JNCAP no solo evalúan el desempeño del vehículo, sino también realizan pruebas para evaluar los asientos para niños. Con respecto a la evaluación de los autos, JNCAP valora el nivel o probabilidad de daño a ocupantes y peatones, además de evaluar el desempeño de algunas funciones del vehículo como el frenado y las tecnologías de apoyo o asistencia al conductor. La protección a pasajeros y peatones se determina por medio de la ejecución de pruebas de choque, las cuales aplica para vehículos de pasajeros con capacidad de hasta nueve pasajeros, así como a vehículos comerciales con peso bruto vehicular de hasta 2,8 ton. Las pruebas efectuadas con base en los protocolos JNCAP para valorar la seguridad de los autos nuevos comercializados en el mercado japonés, son las siguientes (JNCAP-NASVA-TESTING METHODS, 2018):

- **Prueba de choque frontal completo contra barrera rígida.** En esta prueba, el vehículo se desplaza a una velocidad de 55 ± 1 km/h y se impacta contra una barrera de concreto reforzado. La prueba emula un choque frontal completo entre vehículos desplazándose a la misma velocidad —55 km/h— y con características similares de dimensiones y masa. La seguridad del vehículo hacia los ocupantes se valora con base en criterios de lesión a través de dos dummies idénticos colocados en los asientos delanteros (conductor y acompañante) del vehículo. Los dummies empleados tanto en la posición de conductor, como en la posición del acompañante, corresponden al HIII 50% (hombre adulto de talla y peso mediano). La Figura 1.16 muestra una representación de esta prueba, donde se aprecian la ubicación y el tipo de dummies utilizados.

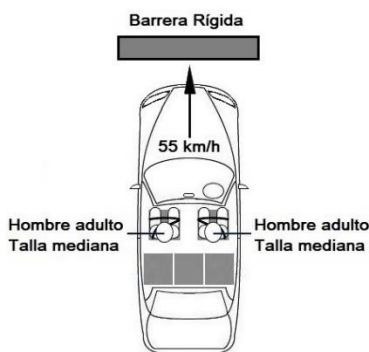


Figura 1.16 JNCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida

- **Prueba de choque frontal con empalme parcial.** El empalme en el choque se da con el 40% del ancho del vehículo del lado del conductor, desplazándose el vehículo a 64 ± 1 km/h. Se emplea un dummy HIII 50% (hombre adulto de talla y peso mediano) en la posición de conductor y un dummy HIII 5% (mujer adulta de talla y peso pequeña) en el asiento posterior, del lado opuesto al del conductor. La Figura 1.17 muestra una representación de esta prueba donde se aprecian tanto la ubicación como el tipo de dummies utilizados.

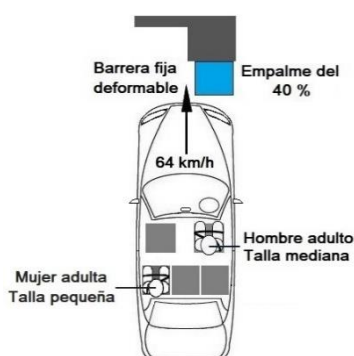


Figura 1.17 JNCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Pruebas de choque lateral de barrera deformable móvil.** La barrera se monta sobre un chasis que, de manera combinada tienen una masa de 950 ± 20 kg y se desplaza a una velocidad de 55 ± 1 km/h para impactar al vehículo de prueba. La Figura 1.18 muestra una representación de esta prueba, donde se aprecian tanto la ubicación como el tipo de dummy utilizado, correspondiendo al ES-2 (hombre adulto de talla y peso mediano) en la posición de conductor.

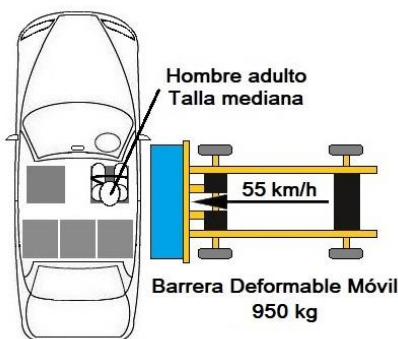


Figura 1.18 JNCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil

- **Pruebas del desempeño del vehículo en cuanto a la protección a peatones (protección de cabeza y pierna).** La simulación se lleva a cabo por medio de los sistemas conocido como “*impactador*” de cráneo o de forma de cabeza, HI (*Headform Impactor*) y el “*impactador*” de pierna o de forma de pierna flexible de peatón, Flex-PLI (*Flexible Pedestrian Legform Impactor*). El primero emula un cráneo humano —de un adulto ($4,5\pm0,1$ kg) o de un niño ($3,5\pm0,07$ kg)— el cual se lanza de manera que se tenga una velocidad de impacto de 35 km/h y a diferentes ángulos —dependiendo del tipo de vehículo—. Las zonas de impacto son sobre el cofre y/o el parabrisas. El segundo emula una pierna humana de una persona adulta con una masa total de $13,2\pm0,7$ kg y una longitud de 928 ± 3 mm, la cual es proyectada por un sistema especial sobre la parte frontal del vehículo de manera que se produzca una velocidad de impacto de $40\pm0,7$ km/h. Las calificaciones de cada prueba se derivan del análisis de las lesiones y nivel de daños medidos por los diferentes sensores instalados en los emuladores de cabeza y pierna. La Figura 1.19 muestra la ejemplificación para estas pruebas.

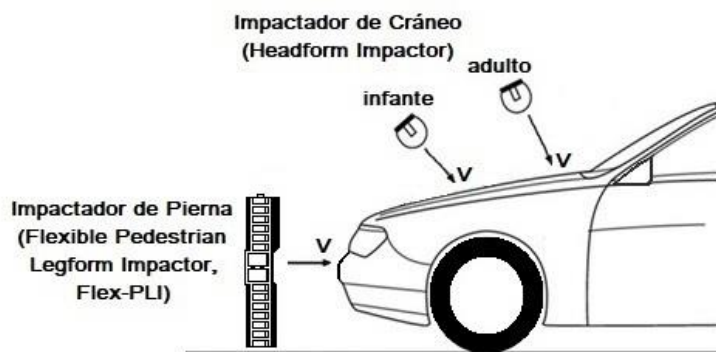


Figura 1.19 JNCAP. Pruebas para evaluar la protección a peatones

- Aunque las pruebas de choque realizadas por JNCAP para calificar la seguridad de los autos nuevos no considera la protección a ocupantes niños, ciertamente JNCAP está preocupado por ello, por lo que tienen establecido todo un programa completo y complejo para la evaluación de sillas para niños (JNCAP-NASVA-Child Seat Assessment, 2018). JNCAP realiza pruebas que

van desde la evaluación de los asientos para niños, considerando que los CRS sean correctamente utilizados por los usuarios con base en las instrucciones y explicaciones de instalación y uso claramente especificados por el fabricante del asiento, hasta pruebas de simulación de choque frontal mediante una mesa o plataforma deslizante sobre la cual se instala el asiento o silla de niños a evaluar y dentro de ésta se coloca un dummy infantil. Las pruebas se realizan para diferentes diseños, tamaños y configuraciones de silla, así como para tres tipos de dummies infantiles: CRABI 6MO —que emula un bebé de 6 meses de edad y de hasta 7,4 kg de masa; TNO P3/4 —que emula un bebé de hasta 9 meses de edad y 9 kg de masa; e Hybrid III 3YO —correspondiente a un niño de 3 años de edad y 15,5 kg de masa. La emulación de choque frontal considera una velocidad de impacto de 55 km/h. La evaluación del daño considera desde el comportamiento de los mecanismos de retención —cinturones de seguridad y broches de la silla evaluada— hasta las afectaciones en la cabeza, pecho y abdomen de pasajero infante o niño. JNCAP no realiza la evaluación de las sillas infantiles para niños o niñas con edades comprendidas entre los 4 y los 10 años de edad, ya que el desempeño de las sillas o asientos para este grupo de edades de niños depende en gran medida del propio desempeño de los asientos del vehículo, así como de los mecanismos de retención infantil con que cuente y, por tanto, debieran obtenerse de las pruebas de choque realizadas en los vehículos, aspecto que actualmente no realiza JNCAP.

- **Prueba de desempeño por colisión trasera y evaluación de la protección en cuello.** Esta prueba se realiza por medio de un simulador de impacto posterior, implementado a través de una plataforma deslizante sobre la cual se instala y fija un asiento idéntico al utilizado en la posición delantera del vehículo evaluado. Sobre el asiento se coloca y asegura el dummy con un cinturón de seguridad genérico de tres puntos o, en caso de que el asiento de prueba tenga integrado su propio cinturón de seguridad, entonces se utiliza éste. El dummy utilizado es del tipo BioRID II —hombre adulto de talla mediana— especialmente diseñado para evaluar la magnitud de daños o lesiones en cuello y vértebras, es decir, el nivel de protección ofrecido por el asiento y la cabecera. El perfil de aceleración y deceleración aplicado por la plataforma deslizante sobre el asiento y, por ende, sobre el dummy, emula un impacto posterior ejercido por otro vehículo de masa similar, viajando a 36 km/h y generando un diferencial de velocidad de 20 km/h. La máxima velocidad de la plataforma deslizante al momento del impacto no debe exceder de 20 ± 1 km/h (NASVA. NATIONAL AGENCY FOR AUTOMOTIVE SAFETY & VICTIMS' AID, 2018). La Figura 1.20 muestra el ejemplo para este tipo de ensayo, así como los puntos de medición y análisis establecidos en su protocolo correspondiente.

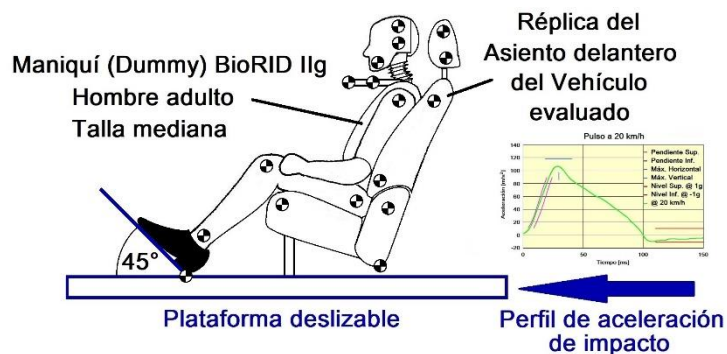


Figura 1.20 JNCAP. Emulación de choque posterior

- JNCAP complementa la calificación otorgada a cada vehículo por medio de la ponderación de elementos de seguridad adicional, tales como la evaluación del uso de los cinturones de seguridad en los asientos posteriores del vehículo —evaluándose la accesibilidad del cinturón de seguridad y la identificación del uso correcto del broche—; el sistema para recordar el uso del cinturón de seguridad en todas las plazas del vehículo, PSRB (*Passenger Seat Belt Reminder*); la valoración del funcionamiento y uso correcto de los sistemas de seguridad como las bolsas de aire, los cinturones de seguridad, los frenos antibloqueo, ABS (*Antilock Brake System*) y del dispositivo de prevención de deslizamiento o control electrónico de estabilidad, ESC. La incorporación de tecnologías de seguridad para apoyo al conductor también es considerada por JNCAP. Estas tecnologías son el sistema de frenado de emergencia autónomo, AEBS (*Autonomous Emergency Braking System*) y el sistema de advertencia de abandono de carril, LDWS (*Lane Departure Warning System*), cuyo nombre cambió en 2017 al de sistema de prevención de abandono de carril, LDPS (*Lane Departure Prevention System*). El LDPS está conformado por la prevención de abandono de carril, LDP (*Lane Departure Prevention*) y el asistente para mantenerse en carril, LKA (*Lane Keep Assist*). JNCAP complementa la calificación, al evaluar el sistema de monitoreo posterior, RVMS (*Rear-View Monitoring System*) (JNCAP-NASVA-Advanced Safety Vehicle (ASV) Technology Put to Practical Use, 2018), (JNCAP-PREVENTIVE SAFETY PERFORMANCE ASSESSMENT, 2018).
- JNCAP también evalúa y registra pruebas del desempeño de frenado. Estas pruebas corresponden a un frenado abrupto —de pánico— desde una velocidad inicial de 100 km/h hasta la detención total —0 km/h— tanto en condiciones de superficie seca como de mojada. JNCAP registra el comportamiento de los vehículos evaluados en términos de la distancia de frenado como de la linealidad de la frenada —desviación en la trayectoria de frenado—. En estas pruebas JNCAP procura que se cumplan determinadas condiciones de temperatura de la superficie de rodamiento para la superficie de rodamiento seca ($35\pm 0^{\circ}\text{C}$) como mojada ($27\pm 5^{\circ}\text{C}$). En caso de no ser posible, las condiciones de temperatura de la superficie deben ser indicadas en el informe (JNCAP-NASVA-Braking Performance Tests, 2018)

1.6 ARCAP

El Programa de Evaluación de Automóviles AutoReview, ARCAP (*Autoreview Car Assessment Program*) califica la seguridad de los autos nuevos comercializados en Rusia únicamente a partir de la prueba de impacto frontal con traslape (empalme del 40% del ancho del vehículo) contra barrera fija deformable (ABTO PEBIO, 2018). En esta prueba, el vehículo es proyectado contra la barrera deformable a 64 km/h. La calificación ARCAP se obtiene a partir de la cuantificación de lesiones o daños producidos en los dummies colocados en los asientos frontales del vehículo y que corresponden a dos hombres adultos de talla mediana. La Figura 1.21 esquematiza dicha prueba.

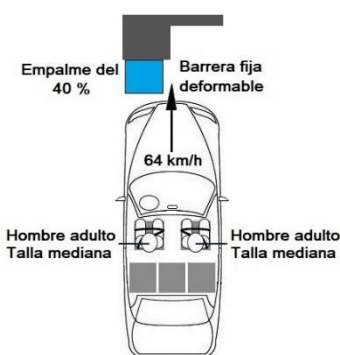


Figura 1.21 ARCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

1.7 Euro NCAP

Las pruebas y valoraciones realizadas por el Programa de Evaluación de Autos Nuevos de Europa —Euro NCAP— para calificar la seguridad de los vehículos nuevos comercializados en Europa se basan en protocolos particulares que incluyen los rubros de protección a ocupante adulto, protección a ocupante niño, protección a usuarios vulnerables de caminos y la asistencia de seguridad (Euro NCAP. FOR SAFER CARS. PROTOCOLS, 2018). En los protocolos de las diferentes pruebas de choque se describen los aspectos de preparación del vehículo, mediciones del habitáculo —antes y después de cada prueba de choque—, preparación y certificación de los dummies utilizados, la instrumentación general empleada, los ajustes en el compartimiento de los pasajeros, así como la medición y posicionamiento de dummies. Las pruebas para calificar los rubros mencionados anteriormente son:

- **Choque frontal completo contra barrera rígida.** El choque se realiza con 100% de empalme del frente del vehículo, el cual se desplaza para producir el impacto con una velocidad de 50 ± 1 km/h. La barrera rígida consiste de un bloque de concreto reforzado con masa total no menor de 70 toneladas métricas. A fin de calificar el nivel de protección derivado de esta prueba, dos

dummies representativos de mujeres adultas de talla mediana son colocados en el interior del vehículo, correspondientes a HIII 5% o HIII 05F. Uno se coloca en el asiento del conductor y el otro en el asiento posterior, en el lado opuesto al del conductor. La Figura 1.22 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

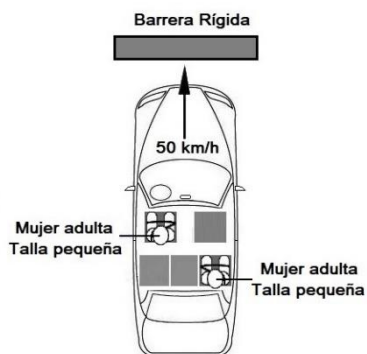


Figura 1.22 Euro NCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida

- **Choque frontal parcial.** En esta prueba, el vehículo impacta con un empalme del 40% del ancho del vehículo ± 20 mm, del lado del conductor, contra una barrera deformable, desplazándose el vehículo a una velocidad de 64 ± 1 km/h. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba, requiere de la colocación de cuatro dummies en el interior del vehículo. Dos dummies corresponden a hombres adultos de talla mediana (HIII 50%), colocados en los dos asientos delanteros del vehículo, así como dos dummies correspondientes a niños de 6 años y 10 años colocados en los asientos posteriores extremos; el asiento posterior del lado del conductor albergará el dummy Q6, que representa al niño de 6 años, mientras que detrás del asiento del copiloto se ubica el dummy Q10, que representa al niño de 10 años de edad. La Figura 1.23 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

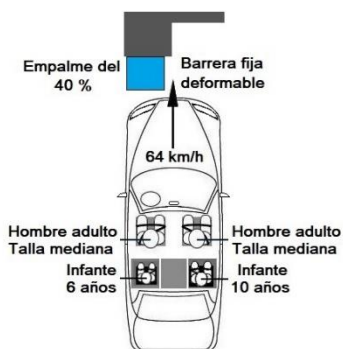


Figura 1.23 Euro NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Choque lateral con barrera deformable.** Esta prueba emplea un sistema de chasis con ruedas equipado con una barrera deformable, identificado como AE-MDB (*Advanced European Mobile Deformable Barrier*), conformando una masa combinada de 1300 ± 20 kg y desplazándose a 50 ± 1 km/h. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba, requiere de la colocación de tres dummies en el interior del vehículo. Un dummy colocado en el asiento del conductor correspondiente a un hombre adultos de talla mediana (WorldSID 50%), dos dummies correspondientes a niños de 6 años y 10 años colocados en los asientos extremos posteriores; el asiento posterior del lado del conductor albergará el dummy Q10, que representa al niño de 10 años, mientras que detrás del asiento del copiloto, se ubica el dummy Q6, que representa al niño de 6 años de edad. La Figura 1.24 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

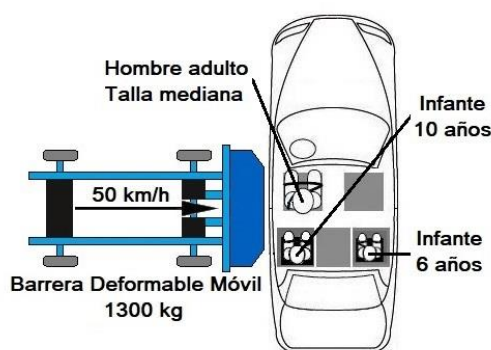


Figura 1.24 Euro NCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE

- **Choque lateral oblicuo.** El vehículo se monta sobre una plataforma deslizante que se desplaza a $32 \pm 0,5$ km/h, que impacta al vehículo de manera oblicua (a $75^\circ \pm 3^\circ$) contra un poste cilíndrico metálico vertical, fijo y rígido. La aceleración inicial de la plataforma deslizante no debe exceder de $1,5 \text{ m/s}^2$. El poste metálico debe ser de un diámetro de 254 ± 3 mm. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba, requiere de la colocación de un dummy en el asiento del conductor, que representa a un hombre adultos de talla mediana, clasificado como WorldSID 50. La Figura 1.25 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

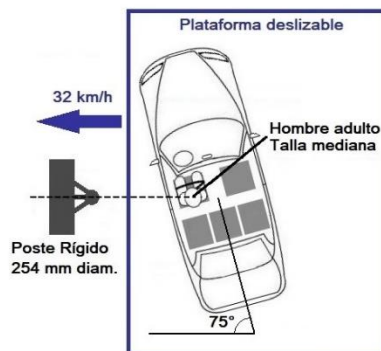


Figura 1.25 Euro NCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido

- **Evaluación de sistema de protección a peatones.** Esta evaluación se lleva a cabo a través de pruebas de impacto con elementos emuladores de cabeza (adulto y niño), pierna superior y pierna inferior de un peatón contra el frente del vehículo. Las pruebas emulan impactos de vehículos contra peatones a una velocidad de 40 km/h (Euro NCAP. VRU, 2018). El elemento emulador de la cabeza humana —adulto o niño— se conoce como *Headform Impactor* (Impactador de Cabeza). El elemento emulador de una pierna humana se conoce como *Legform Impactor* (Impactador de pierna). Ambos son artefactos que son proyectados a través de un mecanismo sobre la parte frontal del vehículo, sea esta la parrilla, el capó o el parabrisas del vehículo, cuyo diseño y materiales son evaluados para determinar el nivel de daño que producirían a un peatón en caso de embestirlos a una velocidad de 40 km/h. Dentro de la clasificación del impactador de pierna, los hay para pierna superior (*upper legform*) y pierna en general (*legform*). El primero permite cuantificar el nivel de riesgo de lesión en fémur y pelvis, mientras que el segundo cuantifica el nivel de riesgo de lesión de la pierna en general, de la rodilla y de ligamentos. La Figura 1.26 muestra una representación de este tipo de pruebas. La calificación de protección a peatones se complementa por medio de pruebas que involucren la evaluación de tecnologías de asistencia de frenado de emergencia autónomo, AEB (*Autonomous Emergency Braking*), particularmente el que corresponde al sistema de usuario vulnerable de carreteras, VRU (*Vulnerable Road User*). Con este sistema se puede evitar el atropellamiento de peatones o ciclistas cuando cruzan frente a la trayectoria del vehículo de manera imprevista para el conductor, por lo que cuando esto sucede, el vehículo frena autónomamente. Las pruebas se realizan bajo diversos escenarios de velocidad.



Figura 1.26. Euro NCAP. Pruebas de impacto en peatones (cabeza y pierna).

- **Evaluación de la seguridad a niños.** Además de realizar esta evaluación dinámicamente por medio de las diversas pruebas de impacto frontal, Euro NCAP también evalúa y califica aspectos como el desempeño de los sistemas de retención infantil, CRS (*Child Restraint System*), las provisiones que ofrece el vehículo en esta materia —tales como los sistemas fijación ISOFIX— y la verificación de la facilidad para instalar diversos modelos de sillas infantiles, revisándose aspectos como instalación libre de problemas o complicaciones, longitud de cinturones de seguridad, ubicación y accionamiento del broche del cinturón de seguridad, accesibilidad hacia el mecanismo ISOFIX y estabilidad del CRS, entre los principales.
- **Pruebas dinámicas para evaluación del efecto latigazo.** Esta prueba se aplica considerando pasajeros ubicados en los asientos delanteros de un vehículo, que permite evaluar el desempeño tanto de los asientos delanteros como del ensamble de retención de cabeza (cabeceras), a fin de proteger a dichos pasajeros de lesiones en el cuello debido a choques posteriores, principalmente. Las pruebas se realizan para tres condiciones de severidad (baja, media y alta). Las pruebas dinámicas son concebidas para simular un choque posterior típico, en el cual el vehículo impactado estaría inicialmente en reposos y, después del impacto, se movería muy lentamente hacia adelante. La prueba se emula por medio de la instalación y fijación del ensamble completo del asiento del conductor sobre una mesa o plataforma deslizante, instalando el dummy de manera normal sobre el asiento y quedando viendo hacia la dirección del movimiento generado por el impacto. Para esta prueba se emplea el dummy especial para impactos posteriores, identificado técnicamente como BioRID IIg, el cual corresponde a un hombre adulto de peso y talla mediana. A diferencia de los dummies empleados en las pruebas de choque frontal y lateral, este dummy replica con mayor fidelidad la biomecánica de vertebras (columna vertebral) y cervicales (cuello). La Figura 1.27 muestra una representación de esta prueba dinámica.

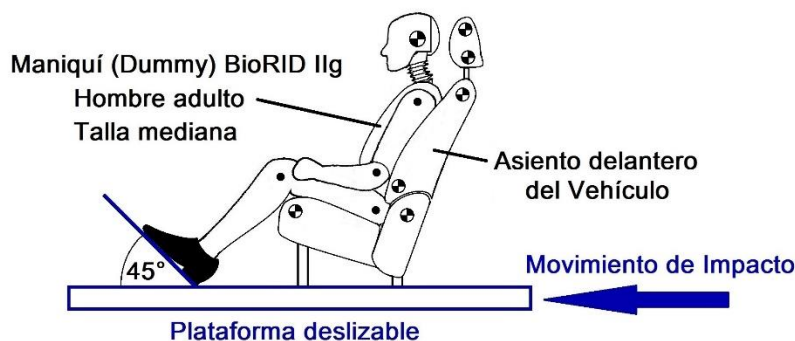


Figura 1.27 Euro NCAP. Prueba de simulación de choque posterior

- **Prueba estática de la evaluación el efecto latigazo.** En este caso, la evaluación es orientada hacia la prevención de lesiones en pasajeros ubicados tanto en los asientos delanteros, como en los posteriores de un vehículo. Este protocolo considera solo la evaluación de la geometría y posicionamiento de los sistemas de retención de cabeza (cabeceras), a fin de identificar si las cabeceras instaladas en el vehículo pueden ser posicionadas de manera que se pueda reducir el movimiento excesivo de la cabeza durante un impacto posterior, así como ofrecer un soporte efectivo a la misma.
- **Valoración y evaluación de los sistemas de asistencia al conductor.** En este esquema se consideran sistemas como el orientado a recordar el uso de cinturones de seguridad y de sistemas de asistencia, cuyo propósito fundamental es evitar accidentes —choque o atropellamientos— o mitigar las lesiones en caso de que el accidente ocurra. Entre los sistemas de asistencia al conductor evaluados por Euro NCAP, se encuentran el sistema de frenado autónomo en ciudad, AEB-City System y el sistema de frenado autónomo inter-urbano, AEB Inter-Urban. El primero opera principalmente a bajas velocidades (entre los 10 km/h y 50 km/h); mientras que el segundo opera a altas velocidades (entre los 30 km/h y los 80 km/h). Euro NCAP también evalúa y califica el control electrónico de estabilidad, ESC (*Electronic Stability Control*) evaluado a 80 km/h; el sistema de asistencia de velocidad en funciones tales como informar al conductor sobre el límite de velocidad establecido en determinada ruta, advertencia al conductor cuando se sobrepase el umbral de velocidad establecido por él mismo y prevención activa para evitar sobrepasar el límite de velocidad establecido o mantener una velocidad crucero. Estos últimos existen cuando se dispone del control crucero adaptativo inteligente, ACC (*Adaptive Cruise Control*). Otra tecnología de asistencia de seguridad al conductor evaluada por Euro NCAP es la de apoyo de carril, LS (*Lane Support*) con casos específicos como el sistema de asistencia para mantenerse en carril, LKS (*Lane Keeping Support*) y el sistema de emergencia para mantenerse en carril, ELK (*Emergency Lane Keeping*). El primero apoya al conductor mediante una advertencia —sonora y/o visual— para que este corrija la aparente tendencia de salirse del carril o, bien, el mismo sistema efectúa una ligera corrección

en el volante para mantener el vehículo dentro de los límites del carril. El sistema ELK actúa de manera más agresiva, mediante la corrección de la dirección en el volante, cuando una salida crítica del carril es detectada por el sistema. El protocolo de prueba considera para ambos sistemas que la carretera pudiera estar marcada o no. Euro NCAP otorga puntajes adicionales cuando el vehículo incorpora tanto el sistema de advertencia de abandono de carril, LDW (*Lane Departure Warning*) como el sistema de monitoreo de punto ciego, BSM (*Blind Spot Monitoring*).

Euro NCAP planifica actualizar e introducir nuevos protocolos de prueba para el año 2019 y 2020, lo cual creará una nueva sinergia en la industria automotriz europea por mejorar aún más la seguridad de los automóviles comercializados en dicha región (Hoffmann & Reuter, 2018).

1.8 KNCAP

Los protocolos de prueba desarrollados y aplicados por el Programa de Evaluación de Autos Nuevos de Corea —KNCAP— para evaluar la seguridad de los automóviles nuevos comercializados en el mercado de la República de Corea (Corea del Sur), permiten obtener información sobre la seguridad ofrecida en los modelos de los vehículos evaluados. Cada prueba realizada aporta una calificación parcial, la cual es ponderada y acumulada para asignar una calificación global que considera los aspectos de seguridad de choque, seguridad de peatones, asistencia de seguridad y puntaje adicional por asistencia de seguridad. Las pruebas sustentadas a través de los protocolos respectivos se mencionan a continuación:

- **Prueba de choque frontal completo contra barrera rígida.** El mecanismo de propulsión del vehículo debe mantener la velocidad de impacto constante de $56,3 \pm 0,8$ km/h por al menos 0,6 m antes de producirse la colisión. La calificación y criterios de aceptación consideran el nivel de daño producido a los dos ocupantes colocados en los asientos delanteros —conductor y acompañante—. Las mediciones registradas por los dummies que simulan los ocupantes ofrecen información sobre el nivel de daño, cuyas lesiones se derivan a partir de las mediciones obtenidas por diferentes transductores colocados en cabeza, cuello, pecho y piernas. Adicionalmente hay elementos de instrumentación colocados en los cinturones de seguridad y sobre la barrera de impacto. Otros elementos que se consideran en la calificación son el comportamiento de todas las puertas del vehículo, tanto durante el choque como posterior a éste, así como las posibles fugas de combustible posterior al choque. Respecto al tipo de dummies empleado, las fuentes consultadas sobre la descripción de la prueba muestran diferencias, pues una indica que ambos ocupantes correspondientes a una mujer adulta de talla y peso pequeña, equivalentes a la clasificación HIII 05F (KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 2, 2018), mientras que en otra se especifica que el asiento del conductor lo ocupa un hombre adulto de talla mediana, representado por un dummy HIII 50th, mientras que en el del acompañante se ubica una mujer adulta de talla pequeña correspondiente a un dummy HIII

05F (KNCAP - Test Explained - Crash Safety, 2018). La Figura 1.28 muestra la representación esquemática de la prueba de choque frontal realizada por KNCAP descrita en el protocolo de prueba del primer caso.

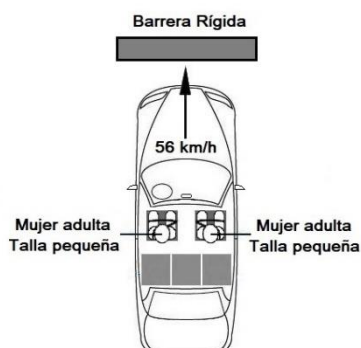


Figura 1.28 KNCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida

- **Prueba de choque frontal con empalme parcial.** El empalme para el impacto corresponde al 40% del ancho del vehículo ± 20 mm, sobre el lado del conductor, que se ejecuta contra barrera fija deformable, desplazándose el vehículo a 64 ± 1 km/h. Similar a la prueba de impacto frontal completo, la velocidad del vehículo debe mantenerse constante 0,6 m antes de producirse la colisión. La medición de la velocidad del vehículo debe realizarse cuando el frente de éste se encuentra a 1,5 m de la barrera de impacto. La calificación de la seguridad se basa en criterios de lesión derivados de las mediciones registradas por dummies que simulan los ocupantes del vehículo. De acuerdo a diferentes referencias, los ocupantes se indican como dos adultos hombres de talla mediana en los asientos delanteros (conductor y acompañante) simulados por dummies tipo HIII 50th (KNCAP - Test Explained - Crash Safety - Offset Frontal Impact Safety, 2018), o dos adultos hombre de talla mediana tipo HIII 50th, así como dos niños en los asientos posteriores, uno de ellos de 6 años representado por un dummy Q6 en el asiento atrás del conductor, y otro de 10 años representado por un dummy tipo Q10 en el asiento posterior del lado del copiloto (KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 8, 2018) y (KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 11, 2018). Otros aspectos que se consideran en la calificación es el comportamiento de todas las puertas del vehículo, tanto durante el choque como posterior a éste, así como las posibles fugas de combustible posterior al choque. La Figura 1.29 muestra la configuración para esta prueba de choque.

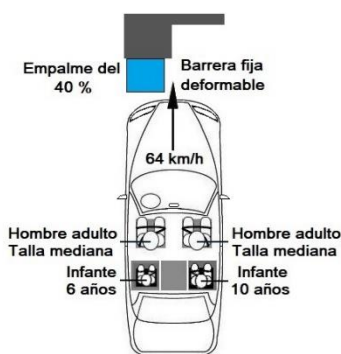


Figura 1.29 NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Prueba de choque lateral de barrera deformable móvil.** La barrera deformable móvil la conforma un sistema de chasis con ruedas frente al cual se instala una barrera deformable, resultando en una masa combinada de 1300 ± 20 kg, desplazándose el conjunto a 55 ± 1 km/h e impactando al automóvil a 90° con respecto a su eje longitudinal. La barrera deformable se identifica técnicamente como AE-MDB (*Advanced European Mobile Deformable Barrier*). La calificación de la seguridad se basa en criterios de lesión derivados de las mediciones registradas por dummies colocados dentro del vehículo. Cabe señalar que, de acuerdo a las referencias consultadas, se indica que debe colocarse en el asiento del conductor un dummy representando hombre adulto de talla mediana correspondiente al EuroSID-2 (NCAP - Test Explained - Crash Safety - Side Impact Safety, 2018); mientras que otros describen un dummy tipo WorldSID 50th (hombre adulto talla mediana) en el asiento del conductor y en los asientos posteriores dos dummies correspondientes a niños de 6 años y 10 años de edad, respectivamente tipo Q6 y Q10, colocados el representante del niño de 10 años detrás del conductor y el de 6 años detrás del asiento del copiloto (NCAP - Archive Board - Download - Attachment 3, 2018) y (NCAP - Archive Board - Download - Attachment 11, 2018), cuya configuración se muestra en la Figura 1.30. Otros elementos que se consideran en la calificación es el comportamiento de todas las puertas del vehículo, tanto durante el choque como posterior a éste, así como las posibles fugas de combustible posterior al choque.

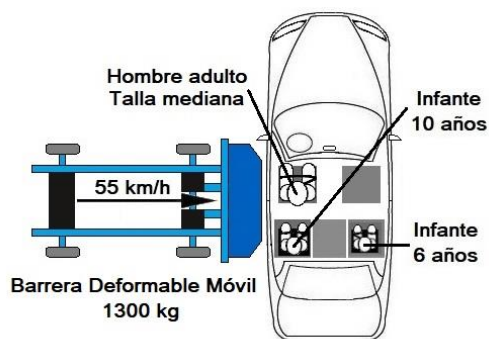


Figura 1.30 KNCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE

- **Prueba de choque lateral oblicuo contra poste rígido.** El vehículo, colocado sobre una plataforma deslizante, impacta contra un poste rígido a un ángulo de $75^\circ \pm 3^\circ$, determinado entre la dirección del desplazamiento del vehículo y su eje longitudinal. La plataforma sobre la cual está colocado el vehículo debe acelerarse a no más de $1,5 \text{ m/s}^2$, hasta alcanzar una velocidad de $32 \pm 0,5 \text{ km/h}$, la cual deberá mantenerse constante por al menos 0,6 m antes de producirse el primer contacto contra el poste. El poste metálico debe ser de un diámetro de $254 \pm 3 \text{ mm}$. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba requiere de la colocación de un dummy, que representa a un hombre adulto de talla mediana, en el asiento del conductor. Según lo consultado, el dummy empleado corresponde al EuroSID-2 (KNCAP - Test Explained - Crash Safety - Side pole crash safety, 2018), mientras que otra fuente acota al tipo WorldSID 50th (KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 9, 2018). Otros elementos que se consideran en la calificación es el comportamiento de todas las puertas del vehículo, tanto durante el choque como posterior a éste, así como las posibles fugas de combustible posterior al choque. La Figura 1.31 muestra la configuración básica para esta prueba de choque

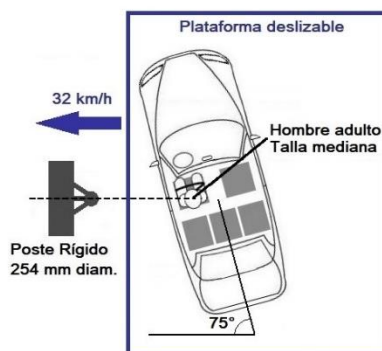


Figura 1.31 KNCAP. Choque lateral oblicuo contra poste rígido

- **Evaluación estática de la propensión al vuelco del vehículo.** Esta valoración se fundamenta en la obtención del Factor Estático de Estabilidad,

SSF (*Static Stability Factor*). Para determinar dicho factor, se identifica la ubicación del centro de gravedad (CG) del vehículo en términos de la entrevía (t) y la altura de ubicación del CG (h). El SSF se calcula aplicando la expresión $SSF = \frac{t}{2h}$. La Figura 1.32 muestra la representación gráfica para este cálculo (KNCAP - Test Explained - Rollover & Brake Safety, 2018).

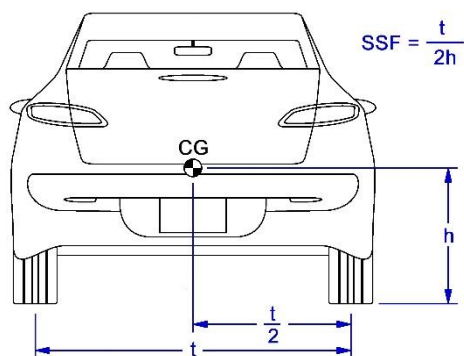


Figura 1.32 KNCAP. Cálculo del Factor Estático de Estabilidad, SSF

- **Evaluación dinámica de la propensión al vuelco del vehículo.** Si el vehículo evaluado obtiene un SSF menor o igual a 1,25 entonces se realiza la prueba dinámica de vuelco, a través de la cual se determinará el grado de seguridad del vehículo al vuelco. Para esta prueba se instrumenta el vehículo con diferentes dispositivos que permiten controlar y cuantificar parámetros dinámicos como el ángulo de giro del volante, aceleraciones y velocidades, tanto lineales como angulares, así como un sensor que permite detectar la pérdida de contacto de las ruedas con la superficie de rodamiento. Se colocan además en el vehículo dispositivos para evitar el vuelco en caso de que haya pérdida de contacto de las ruedas con el pavimento, así como dummies con agua para llevar al máximo la masa combinada vehículo-carga, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. El vehículo es controlado con un robot que ejecuta la maniobra dinámica, la cual puede ser la maniobra “J” o la maniobra “fishhook” (anzuelo). El caso particular de la maniobra observada en los informes de KNCAP para inducir el vuelco corresponde a la maniobra tipo anzuelo, desarrollada cuando el volante de dirección del vehículo a evaluar es girado a una velocidad angular de 720°/s en ambos sentidos —izquierda y derecha—. Esta maniobra se realiza a velocidades comprendidas entre los 55 y 80 km/h, inclusive. La Figura 1.33 muestra una descripción para dicha prueba (KNCAP - Test Explained - Rollover & Brake Safety, 2018).

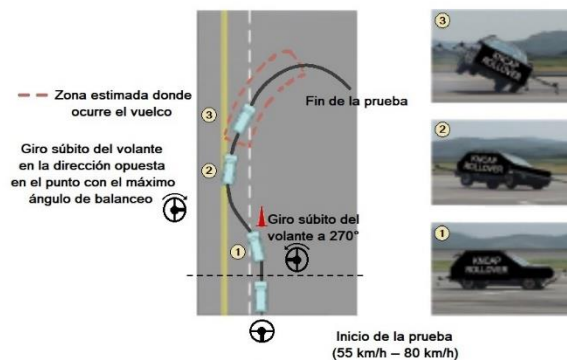


Figura 1.33 NCAP. Descripción de prueba dinámica de vuelco

- **Pruebas del desempeño del vehículo en cuanto a la protección a peatones.** Contempla el nivel de protección de cabeza y pierna, cuyo desarrollo se lleva a cabo por medio de los sistemas conocido como “*impactador*” de cráneo o de forma de cabeza, HI (*Headform Impactor*) y el “*impactador*” de pierna o de forma de pierna flexible de peatón, Flex-PLI (*Flexible Pedestrian Legform Impactor*). El primero emula un cráneo humano, correspondiente a un adulto o a un niño, que se lanza para producir una velocidad de impacto de 40 km/h. Al suministrar información al consumidor sobre esta prueba, NCAP estimula a los fabricantes de autos a diseñar y fabricar la parte frontal de los vehículos con mejores niveles de protección a peatones. La Figura 1.34 ejemplifica estas pruebas.

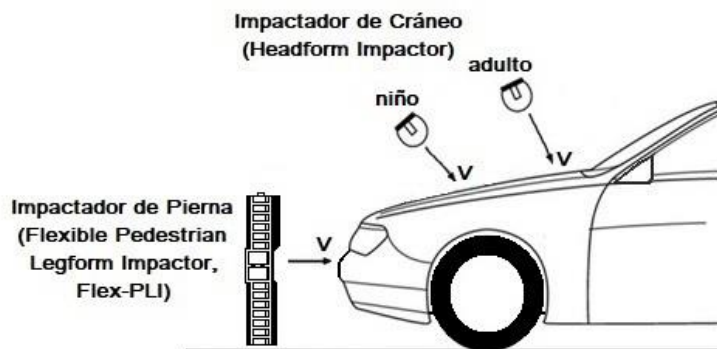


Figura 1.34 NCAP. Pruebas para evaluar la protección a peatones

- **Prueba dinámica para evaluar la funcionalidad de los asientos delanteros y apoyacabezas.** Esta prueba emula un impacto en la parte posterior del vehículo, el cual produce en los ocupantes del vehículo el efecto conocido como latigazo (*whiplash*), que puede producir daños en cuello. El origen del daño o las lesiones puede analizarse en las tres etapas mostradas en la Figura 1.35 (NCAP - Test Explained - Crash Safety - Whiplash, 2018).

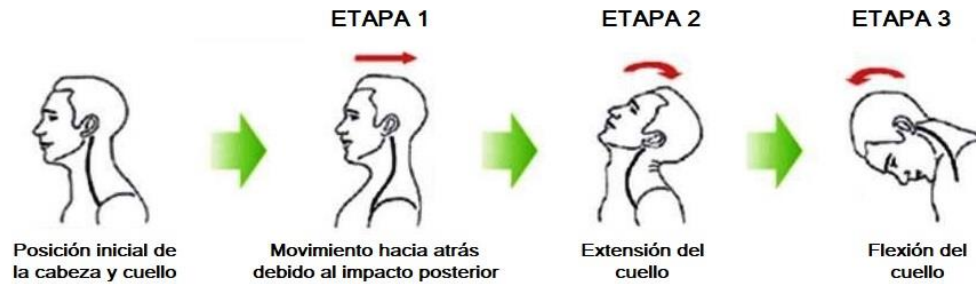


Figura 1.35 KNCAP. Etapas del efecto latigazo —Whiplash—

- Etapa 1. El vehículo es golpeado por la parte posterior y, consecuentemente, cuello y cabeza del ocupante experimentan un desplazamiento relativo inicial hacia atrás de su cuerpo, conocido como deformación “S” del cuello, debido a una fuerza cortante y flexión durante el lapso de tiempo transcurrido entre el impacto y el movimiento de la cabeza al golpear la cabecera del asiento.
- Etapa 2. Caracterizado por el rebote de todo el cuerpo del pasajero sobre el respaldo del asiento, lo que origina que este se mueva hacia adelante por dicha fuerza repulsiva.
- Etapa 3. Ocurre una hiper-flexión del cuello debido a la inercia que posee la cabeza la cual continúa moviéndose hacia adelante, pero evitando el movimiento del resto del cuerpo del ocupante del vehículo debido a la acción restrictiva del cinturón de seguridad.

KNCAP evalúa las lesiones del cuello en cada una de estas etapas por medio de un dummy colocado en el asiento del vehículo a valorar. La prueba se emula por medio de la instalación y fijación del ensamble completo del asiento del conductor sobre una mesa o plataforma deslizante para simular una velocidad de impacto de 16 km/h, instalando el dummy de manera normal sobre el asiento y quedando viendo hacia la dirección del movimiento generado por el impacto. Para esta prueba se emplea el dummy especial para impactos posteriores, identificado como BioRID1. Este dummy posee la característica de replicar con mayor fidelidad la biomecánica de vértebras (columna vertebral) y cervicales (cuello). La Figura 1.36 muestra una representación de esta prueba dinámica.

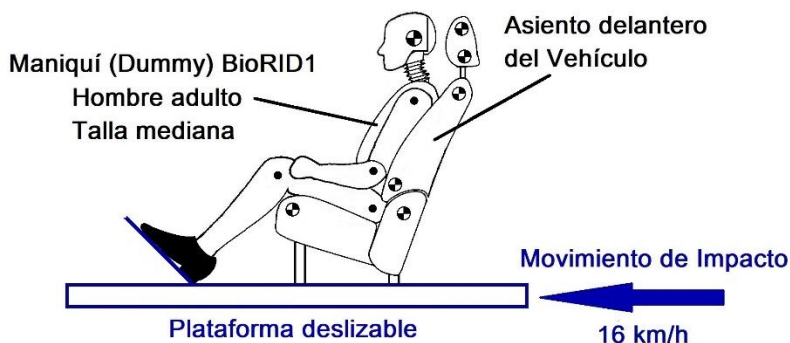


Figura 1.36 NCAP. Prueba de simulación de choque posterior

- **Prueba de frenado.** NCAP evalúa el desempeño del vehículo en eventos de frenado de pánico tanto en condición de superficie de rodamiento seca como mojada. El desempeño del vehículo se califica en términos de la distancia de frenado y de la posición final del vehículo —salida del carril de frenado—. Todas las pruebas de frenado se realizan a 100 km/h. La distancia de frenado se mide desde el momento en que se aplica una fuerza sobre el pedal del freno hasta que el vehículo queda completamente detenido. La salida del carril —linealidad de la frenada— considera si el vehículo abandona o no el carril de frenado, que tiene un ancho de 3,5 m. El protocolo de prueba señala que la superficie de rodamiento debe ser recta y plana procurando una temperatura de 20°C a 50°C para superficie seca y de 17°C a 37°C para superficie mojada. La temperatura de los frenos antes de cada frenada debe ser igual o menor a 100°C. La fuerza aplicada sobre el pedal del freno durante los primeros 0,25 segundos debe ser igual o mayor a 500N y dentro de los siguientes 0,75 segundos debe ser de 650N (+0/-100N) y mantener dicha fuerza en el pedal hasta que el vehículo se haya detenido completamente (NCAP - Test Explained - Rollover & Brake Safety, 2018)
- El personal técnico de NCAP evalúa la asistencia de seguridad por medio de un protocolo de pruebas de evaluación de los dispositivos instalados en el vehículo para evitar choques. Estos dispositivos se encuentran dentro de los tres sistemas principalmente evaluados por NCAP:
 - Sistema de advertencia de colisión frontal, FCWS (*Forward Collision Warning System*). Aquí se verifica si el sistema proporciona una advertencia apropiada en caso de que el vehículo que antecede al de prueba esté avanzando a baja velocidad, reduzca su velocidad o se detenga completamente.
 - Sistema de advertencia de salida de carril, LDWS (*Lane Departure Warning System*). Se verifica si el sistema proporciona dos o más tipos de advertencia en la situación de salida de carril, a una velocidad de 65 km/h.
 - Sistema de advertencia de cinturón de seguridad, SBWS (*Seat Belt Warning System*). Se verifica si el sistema proporciona advertencias apropiadas cuando todos o alguno de los ocupantes del vehículo, no

se colocan el cinturón de seguridad (KNCAP - Test Explained - Safety Assist, 2018).

1.9 C-NCAP

Los protocolos de prueba desarrollados y aplicados por el Programa de Evaluación de Autos Nuevos de China, C-NCAP, permiten evaluar y calificar la seguridad de los vehículos nuevos comercializados en el mercado de la República Popular de China. Los protocolos de prueba están definidos en la *C-NCAP Management Regulation 2018 edition* (C-NCAP Official Website, 2018). Este documento establece que los modelos de vehículos evaluados deberán ser de pasajeros con capacidad de no más de ocho asientos, además del asiento del conductor, —Categoría M1, según la clasificación UNECE—. Deberán ser modelos de vehículos nuevos con no más de dos años de antigüedad y pertenecer a un grupo de volumen de ventas de más de 3000 unidades, además de que su producción no haya sido programada para finalizar en el futuro cercano.

La evaluación y calificación de la seguridad del modelo del vehículo elegido se realiza con base en los rubros de protección a ocupantes, protección a peatones y desempeño de los sistemas de asistencia de seguridad con base en pruebas de choque y, adicionalmente, considera una prueba adicional de medición del consumo de combustible. A continuación, se describen las pruebas realizadas por C-NCAP para evaluar y calificar la seguridad de los vehículos de pasajeros nuevos, con las características descritas en el párrafo anterior:

- **Choque frontal completo.** El vehículo de prueba se impacta contra una barrera rígida fija, a una velocidad de 50 km/h (+1km/h, -0km/h). La barrera rígida está conformada principalmente por un bloque de concreto reforzado de no menos de 3 metros de ancho y no menos de 1,5 m de alto, cuyo grosor será el necesario de manera que el bloque completo tenga una masa de cuando menos 70000 kg. De ser necesario, la barrera deberá estar firmemente anclada al suelo de manera que se evite cualquier desplazamiento del mismo por el impacto. Para evaluar el daño a ocupantes a través del criterio de lesiones en cabeza, cuello, tórax y piernas, se deben colocar cuatro dummies en el interior de vehículo, como se muestra en la Figura 1.37. Los dummies colocados en los asientos delanteros —conductor y acompañante— son iguales y corresponden a hombres adultos de talla y tamaño mediano, del tipo HIII 50th. Los dummies en los asientos posteriores corresponden al de una mujer adulta de talla pequeña, identificada técnicamente como HIII 5th, ubicada en el asiento extremo izquierdo; mientras que un dummy representativo de un niño de 3 años de edad —Q3— se coloca en el asiento extremo derecho, empleando para ello el recomendado y respectivo sistema de retención infantil. La calificación derivada de esta prueba también considera evaluar aspectos como la posible falla de los cinturones de seguridad, de los seguros de las puertas, la facilidad de abrir las puertas después del impacto sin la necesidad de asistencia o

herramienta especial, fugas en el sistema de combustible y la fuerza necesaria para liberar el broche de los cinturones de seguridad.

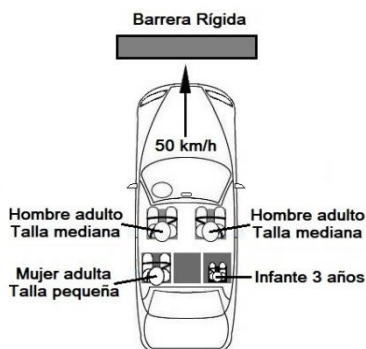


Figura 1.37 C-NCAP. Choque frontal con empalme del 100% contra barrera rígida

- **Choque frontal parcial.** El impacto del vehículo se ejecuta con un empalme del 40% del ancho del vehículo ± 20 mm, sobre el lado del conductor, a una velocidad de 64 ± 1 km/h, ejecutado contra barrera deformable fija. Para evaluar el daño a ocupantes a través del criterio de lesiones en cabeza, cuello, tórax y piernas, se deben colocar tres dummies en el interior de vehículo, como se muestra en la Figura 1.38. Los dummies colocados en los asientos delanteros —conductor y acompañante— son iguales y corresponden a hombres adultos de talla y tamaño mediano identificados técnicamente como HIII 50th. El dummy ubicado en el asiento posterior extremo izquierdo, corresponde al de una mujer adulta de talla pequeña identificada técnicamente como HIII 5th. Parte de la calificación de la prueba implica realizar mediciones de deformación y/o desplazamiento del pilar-A, de la columna de la dirección y de los pedales del vehículo. La calificación derivada de esta prueba también considera evaluar aspectos como la posible falla de los cinturones de seguridad, de los seguros de las puertas, la facilidad de abrir las puertas después del impacto sin la necesidad de asistencia o herramienta especial, fugas en el sistema de combustible y la fuerza necesaria para liberar el broche de los cinturones de seguridad

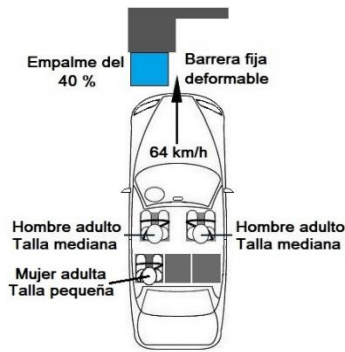


Figura 1.38 C-NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Choque lateral de barrera deformable.** Esta prueba emplea un sistema de chasis con ruedas equipado con barrera deformable, conformando una masa combinada de 1400 ± 20 kg, desplazándose a 50 km/h (+1 km/h, -0 km/h). La barrera deformable junto con el chasis con ruedas se identifica técnicamente como AE-MDB (*Advanced European Mobile Deformable Barrier*). La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba requiere de la colocación de dos dummies en el interior del vehículo, uno colocado en el asiento del conductor correspondiente a un hombre adultos de talla mediana, tipo WorldSID 50%, y otro colocado en el asiento posterior extremo hacia el lado del impacto, correspondiente a una mujer adulta de talla pequeña, tipo SID-IIs (versión D). La Figura 1.39 muestra la configuración básica para esta prueba de choque. La calificación derivada de esta prueba también considera evaluar aspectos como la posible falla de los cinturones de seguridad, de los seguros de las puertas, la facilidad de abrir las puertas después del impacto sin la necesidad de asistencia o herramienta especial, fugas en el sistema de combustible y la fuerza necesaria para liberar el broche de los cinturones de seguridad

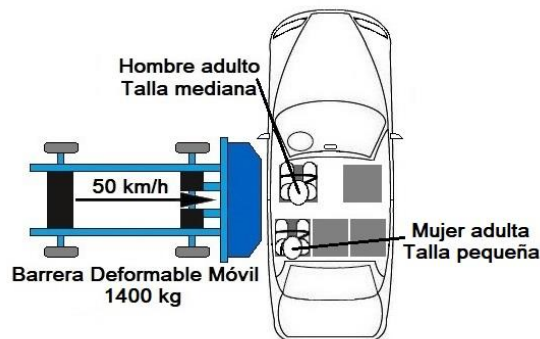


Figura 1.39 C-NCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil tipo AE

- **Pruebas del desempeño del vehículo en cuanto a la protección a peatones.** Ejecutadas para evaluar la protección de cabeza y pierna. La simulación se lleva a cabo por medio de los sistemas conocido como

“*impactador*” de cráneo o de forma de cabeza, HI (*Headform Impactor*) y el “*impactador*” de pierna o de forma de pierna flexible de peatón, Flex-PLI (*Flexible Pedestrian Legform Impactor*) o rígida emulando solo la pierna superior del peatón. El primero emula un cráneo humano de un adulto o de un niño, el cual se lanza de manera que se tenga una velocidad de impacto de $40 \pm 0,72$ km/h y diferentes ángulos de impacto, siendo de $65^\circ \pm 2^\circ$ para cabeza de adulto y $50^\circ \pm 2^\circ$ para cabeza de niño. El “*impactador*” de pierna —flexible o rígida— se lanza contra el frente del vehículo de manera que se genere una velocidad de impacto también de $40 \pm 0,72$ km/h. Al suministrar información al consumidor sobre esta prueba, C-NCAP estimula a los fabricantes de autos a diseñar y fabricar la parte frontal de los vehículos con mejores niveles de protección a peatones tanto adultos como niños. La Figura 1.40 ejemplifica estas pruebas.

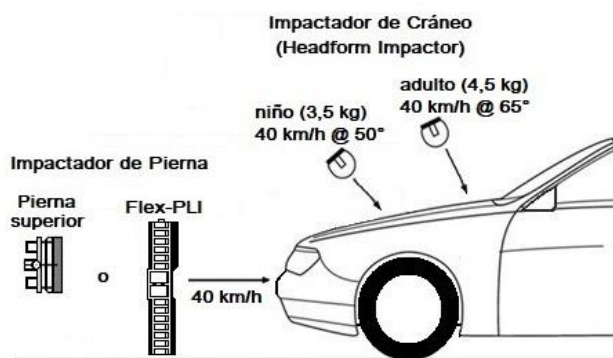


Figura 1.40 C-NCAP. Pruebas para evaluar la protección a peatones

- **Pruebas dinámicas para evaluación del efecto latigazo.** El efecto se evalúa en pasajeros ubicados en los asientos delanteros de un vehículo y permiten evaluar el desempeño tanto de los asientos delanteros, como del ensamble de retención de cabeza (cabeceras), a fin de proteger a los pasajeros de lesiones en el cuello debido a choques. Para esta prueba el dummy especial para impactos posteriores, identificado como BioRID II, se ubica sobre el asiento a evaluar y se ajustan los mecanismos de retención. El asiento se coloca sobre una plataforma deslizable por medio de la cual se aplica un determinado perfil de aceleración/deceleración, emulando una condición de choque posterior manteniendo un cambio en velocidad de 20 ± 1 km/h. La Figura 1.41 muestra la representación de esta prueba junto con el perfil de deceleración (C-NCAP Official Website, 2018).

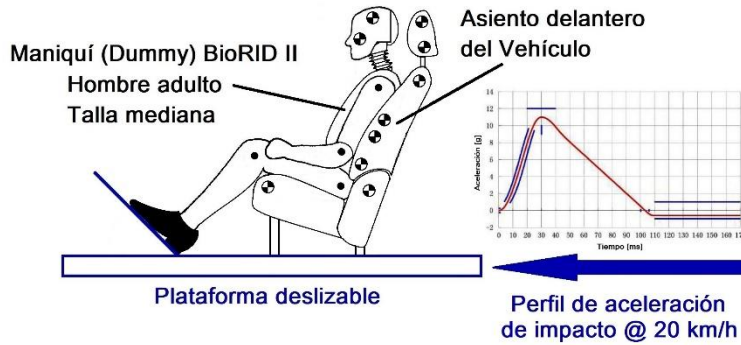


Figura 1.41 C-NCAP. Prueba dinámica de latigazo —Whiplash—

- La calificación concedida por C-NCAP a los modelos de vehículos evaluados para protección a ocupantes, puede mejorar al otorgarse puntos adicionales cuando el vehículo incorpora elementos de seguridad tales como el sistema para recordar el uso del cinturón de seguridad, SBR (*Seat Belt Reminder*) y bolsas de aire laterales tipo cortina.
- **Evaluación de asistencia de seguridad.** Los sistemas o elementos evaluados por C-NCAP en este aspecto son:
 - El sistema de control electrónico de estabilidad, ESC (*Electronic Stability Control*). C-NCAP determina si el sistema ESC del vehículo evaluado cumple los requerimientos de desempeño mediante la revisión de los reportes de desempeño, suministrados por el fabricante del vehículo y emitidos por laboratorios o instituciones de inspección de tercera parte, con base en el estándar chino GB/T 30677-2014 “Requerimientos del desempeño y métodos de prueba para el sistema de control electrónico de estabilidad (ESC) para vehículos ligeros” —*Performance Requirements and Testing Methods for Electronic Stability Control System (ESC) for Light Vehicles*— (C-NCAP Official Website, 2018).
 - El sistema de frenado de emergencia autónomo, AEB (*Autonomous Emergency Braking*). C-NCAP evalúa este sistema de asistencia de seguridad por medio de pruebas y ensayos; para ello, C-NCAP planifica la realización de tres tipos de pruebas dependientes de la tecnología AEB. Estas pruebas corresponden a:
 - Sistema AEB para evitar colisión trasera auto-auto, AEB CCR (*Car-to-Car Rear Collision*).
 - Sistema AEB para evitar colisión contra usuario vulnerable peatón, AEB VRU_Ped (*Vulnerable Road User_Pedestrian*).

Cada una de las pruebas anteriores se realizan físicamente y bajo diferentes condiciones de velocidad de vehículos y velocidad de peatón.

Al evaluar C-NCAP los sistemas de asistencia anteriores, también se evalúa indirectamente el sistema de advertencia de colisión frontal, FCW (*Forward Collision Warning*) y la interfase Humano-Máquina, HMI (*Human Machine Interface*). Cabe destacar que la función FCW se evalúa únicamente cuando el vehículo también incorpora el sistema de apoyo de frenado dinámico, DBS (*Dynamic Brake Support*), el cual amplifica aún más la demanda de freno del conductor cuando ésta no es suficiente ante una detención total para evitar un choque inminente.

1.10 Latin NCAP

Las pruebas y valoraciones realizadas a través del Programa de Evaluación de Autos Nuevos para América Latina y el Caribe, Latin NCAP, permite calificar la seguridad de los vehículos nuevos comercializados en dichos mercados. Este programa se apoya en protocolos de evaluación que incluyen los rubros de protección a ocupante adulto, protección a ocupante niño, seguridad activa o primaria y premio Latin NCAP Advanced. En los protocolos específicos de Latin NCAP para la calificación global de la protección para adultos y niños se detallan los criterios de evaluación de acuerdo a cada prueba de choque realizada, incluyéndose los valores límites y criterios, los modificadores aplicables, así como las formas visual y numérica de representar el puntaje y calificaciones parciales. Las pruebas para calificar los rubros mencionados anteriormente son las siguientes (LATIN NCAP PARA AUTOS MAS SEGUROS. NUESTROS ENSAYOS. PASAJERO ADULTO, 2018):

- **Impacto frontal con empalme parcial.** El impacto se lleva a cabo con un 40% del ancho del vehículo, dirigido contra una barrera deformable fija a una velocidad de 64 km/h. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba requiere de la colocación de cuatro dummies en el interior del vehículo. Dos dummies correspondientes a hombres adultos de talla mediana —colocados en los dos asientos delanteros del vehículo—, y dos dummies correspondientes a niños de 3 años y 1,5 años colocados en los asientos extremos posteriores; el asiento posterior del lado del conductor albergará el dummy que representa al niño de 3 años de edad, mientras que detrás del asiento del acompañante, se ubica el dummy que representa al niño de 1,5 años de edad. Técnicamente los dummies adultos corresponden a la clasificación HIII 50%, y los dummies que representan a los niños de 3 y 1,5 años de edad, corresponden a la clasificación Q3 y Q1,5, respectivamente. La Figura 1.42 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

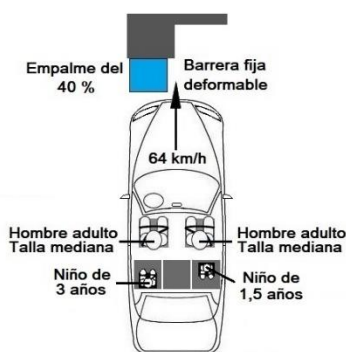


Figura 1.42 Latin NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Choque lateral con barrera deformable.** La prueba emplea un sistema de chasis con ruedas, equipado con barrera deformable, conformando una masa combinada de 950 kg y desplazándose a 50 km/h (Hoffmann & Reuter, 2018). La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba se deriva de los datos y mediciones reportados por tres dummies colocados en el interior del vehículo. Uno de ellos representa a un hombre adulto de talla mediana (tipo ES-2) colocado en el asiento del conductor o del pasajero —según se elija el lado del impacto lateral—, y dos correspondientes a niños de 1,5 años (Q1,5) y 3 años (Q3) colocados en los asientos extremos posteriores. En el asiento posterior del lado donde se produce el impacto se coloca el dummy que representa al niño de 1,5 años de edad, mientras que del lado opuesto se ubica el que representa al niño de 3 años de edad. Aunque las ubicaciones de los dummies no están descritas en los protocolos de evaluación de protección a ocupante adulto y ocupante infantil, éstas se dedujeron de información mostrada en videos de pruebas realizadas por Latin NCAP (LATIN NCAP. PARA AUTOS MAS SEGUROS. RESULTADOS, 2018). La Figura 1.43 muestra las posibles configuraciones para esta prueba de choque lateral de barrera deformable móvil. La configuración para la prueba de impacto es elegida por Latin NCAP.

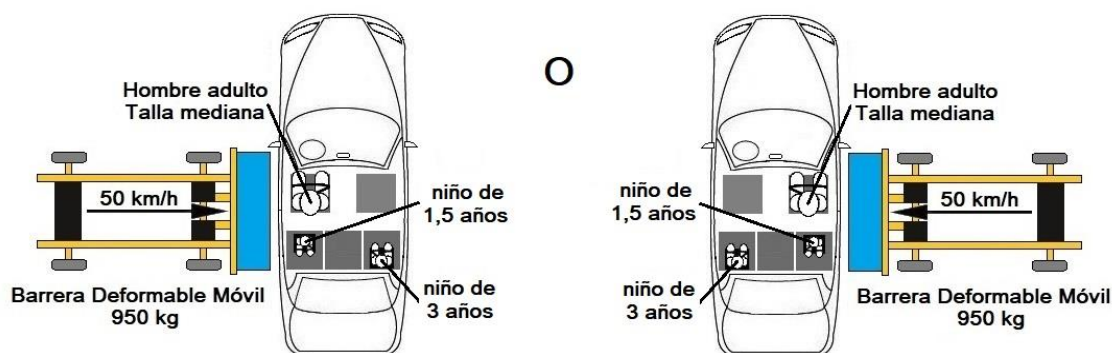


Figura 1.43 Latin NCAP. Alternativas de configuración para choque lateral de barrera deformable móvil, impacto del lado del conductor (imagen izquierda) o impacto del lado del pasajero (imagen derecha)

- **Prueba de choque lateral contra poste rígido.** El protocolo aplicado para esta prueba corresponde a la versión 5.2 del protocolo de prueba de impacto lateral contra poste de Euro NCAP “*Euro NCAP Pole Side Impact Testing Protocol. Version 5.2*” (EURO NCAP. FOR SAFER CARS, 2011). El ángulo de impacto se especifica en $90^{\circ} \pm 3^{\circ}$ contra un poste metálico vertical, fijo y rígido, desplazando al vehículo sobre una plataforma deslizante a $29 \pm 0,5$ km/h. La aceleración inicial de la plataforma deslizante no debe exceder de $1,5 \text{ m/s}^2$. El poste metálico debe ser de un diámetro de 254 ± 3 mm. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba, requiere de la colocación de un dummy en el asiento del conductor o del pasajero, según se elija el lado del vehículo a impactar contra el poste. Dicho dummy representa a un hombre adulto de talla mediana, que corresponde a la clasificación ES-2. La Figura 1.44 muestra las posibles configuraciones para llevar a cabo esta prueba de choque. Latin NCAP podrá elegir cualquiera de los lados del vehículo, a fin de asegurar robustez en la solución ingenieril—diseño y fabricación— del fabricante del vehículo (LATIN NCAP. PARA AUTOS MAS SEGUROS. NUESTROS ENSAYOS. PASAJERO ADULTO, 2016).

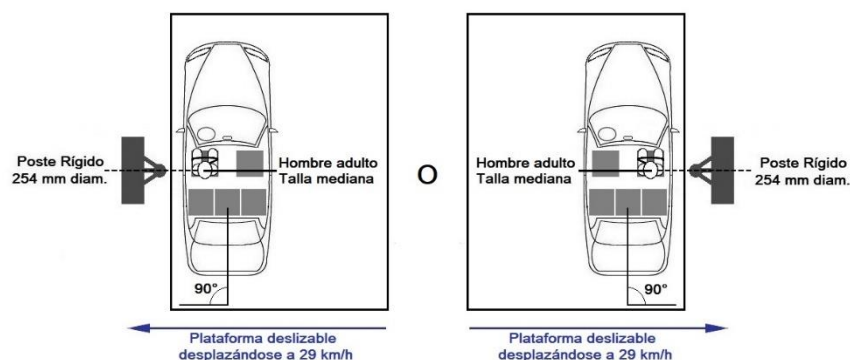


Figura 1.44 Latin NCAP. Alternativas de configuración para choque lateral contra poste rígido, impacto del lado del conductor (imagen izquierda) o impacto del lado del pasajero (imagen derecha)

- **Pruebas complementarias para evaluar la seguridad del pasajero infantil.** Además de evaluar la seguridad del ocupante infantil por medio del comportamiento dinámico de los sistemas de retención infantil SRI, Latin NCAP también analiza y evalúa el uso apropiado y disponibilidad de los SRI recomendados por los fabricantes, así como los mecanismos para fijar estos sistemas al vehículo, tal como los sistemas ISOFIX. De esta manera, se promueve que tanto los fabricantes de autos como los fabricantes de los SRI, diseñen sus componentes y elementos teniendo en mente la seguridad de los niños al ser transportados en los vehículos.
- **Evaluación de la seguridad activa o primaria de los vehículos.** Esta incluye el control electrónico de estabilidad o ESC (*Electronic Stability Control*), el sistema de aviso de uso del cinturón de seguridad, SBR (*Seat*

Belt Reminder) y el sistema de frenos antibloqueo o ABS (*Antilock Brake System*).

- **Evaluación de tecnologías de asistencia de seguridad.** La evaluación se aplica a tecnologías que permiten evitar accidentes o mitigar los daños y lesiones en caso de ocurrir. Latin NCAP puede evaluar las tecnologías de protección a peatones, con base en los criterios establecidos en la norma de Naciones Unidas UN R127 o con base en la reglamentación técnica global, también de la ONU, GTR 9, ambas referentes a las provisiones para la seguridad de peatones.

1.11 Global NCAP

Con la visión de generalizar la disponibilidad de vehículos seguros en regiones de mercados emergentes, que usualmente carecen de reglamentación en materia de vehículos seguros o ésta es débil, Global NCAP asumió este compromiso. Por ello, a partir del año 2013 inició con un programa de evaluación de autos nuevos para el mercado de la India, al cual denominó **#safercarsforindia**. Dado el éxito mostrado de esta iniciativa, Global NCAP refrendó su compromiso al crear en 2017 **#safercarsforafrica**, cuyo objetivo es evaluar la seguridad de los autos nuevo comercializados en el mercado africano.

Los protocolos de prueba actualmente aplicados para ambas iniciativas —**#safercarsforindia** y **#safercarsforafrica**— son los mismos. Global NCAP se apoya del laboratorio de pruebas de choque certificado por Euro NCAP y localizado en Alemania —ADAC— para llevar a cabo las pruebas de choque frontal y lateral, con base en los protocolos de prueba que permiten evaluar y calificar la protección a ocupantes adultos —AOP— y a ocupantes infantiles —COP—.

Las pruebas de choque realizada por Global NCAP para evaluar la seguridad de los autos nuevos comercializados en los mercados de India y África son los siguientes:

- **Impacto frontal con empalme parcial.** La prueba, considerando impacto con el 40% del ancho del vehículo, se ejecuta contra una barrera deformable fija, especificando una velocidad del vehículo de 64 km/h. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba requiere de la colocación de cuatro dummies en el interior del vehículo. Dos dummies HIII 50%, correspondientes a hombres adultos de talla mediana, se colocan en los dos asientos delanteros del vehículo, mientras que otros dos se colocan en los asientos posteriores, uno Q3 representando un niño de 3 años se ubica en el asiento detrás del conductor, mientras que un Q1,5 correspondiente a un niño de 1,5 años, se coloca en el asiento atrás del acompañante. La Figura 1.45 muestra la configuración básica para esta prueba de choque

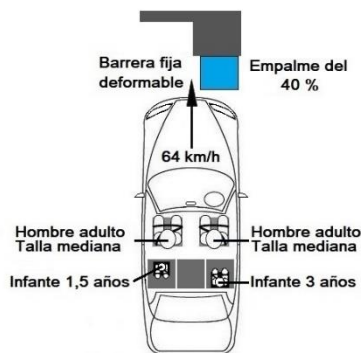


Figura 1.45 #SAFERCARSFORINDIA/#SAFERCARSFORAFRICA. Choque frontal con empuje del 40% contra barrera fija deformable

- **Choque lateral con barrera deformable.** La prueba emplea un sistema de chasis con ruedas que incluye una barrera deformable, conformando una masa combinada de 950 ± 20 kg y desplazándose a 50 ± 1 km/h (UNITED NATIONS. REGULATION NO. 95, 2014). La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba se deriva de los datos y mediciones reportados por el dummy colocado en el asiento del conductor, el cual corresponde a un hombre adultos de talla mediana, técnicamente equivalente a la clasificación ES-2. La Figura 1.46 muestra la configuración para la prueba de choque lateral de barrera deformable móvil.

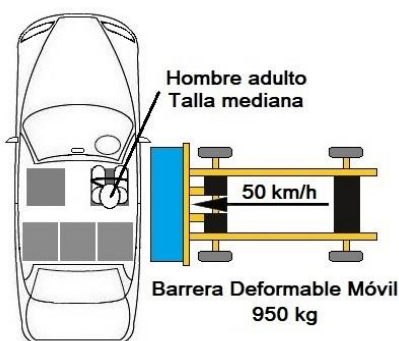


Figura 1.46 #SAFERCARSFORINDIA/#SAFERCARSFORAFRICA. Choque lateral de barrera deformable móvil

- **Evaluación de la protección a ocupante infantil, COP (*Child Occupant Protection*).** Con base en una evaluación dinámica de los sistemas de retención infantil —SRI— y evaluación basada en el vehículo, se aporta determinado puntaje, el cual es ajustado y modificado con base en consideraciones tanto de inspección posterior al choque como geométricas. Los dummies infantiles son colocados en los respectivos SRI recomendados por el fabricante del vehículo, pero también es requerimiento que dichos SRI se encuentren disponibles en el mercado de la India. La evaluación dinámica considera el criterio de lesiones en cabeza, cuello y pecho de los dummies instalados en los asientos posteriores del vehículo cuando este se somete a

la prueba de choque frontal; aspectos como eyección del dummy o que la cabeza del dummy golpee alguna parte del vehículo o del propio SRI son considerados y penalizados en la evaluación. Las evaluaciones basadas en el SRI y en el vehículo son idénticas a las realizadas por Latin NCAP y mencionadas en la sección 1.9 de este documento.

1.12 ASEAN NCAP

Las pruebas y valoraciones realizadas por el Programa de Evaluación de Autos Nuevos para los Países del Sudeste de Asia, ASEAN NCAP (*New Car Assessment Program for Southeast Asian Countries*) permiten calificar la seguridad de los vehículos nuevos comercializados en la región, que abarca diez países en su conjunto. Este programa se sustenta en protocolos de evaluación que incluyen los rubros de protección a ocupante adulto —AOP—, protección a ocupante infantil—COP—, evaluación de la seguridad de asistencia y la incorporación de importantes tecnologías de seguridad en el vehículo. Particularmente, las evaluaciones de las protecciones a ocupantes se realizan con base en los resultados obtenidos de pruebas de choque, que son las siguientes (ASEAN NCAP - 2017-2020 Protocols, 2018):

- **Impacto frontal con empalme parcial.** Con un empalme del 40% del ancho del vehículo $\pm 20\text{mm}$, éste se impacta contra una barrera deformable fija. Para la prueba se produce una velocidad de impacto de $64 \pm 1 \text{ km/h}$. Para calificar lesiones a ocupantes se requiere de cuatro dummies en el interior del vehículo, dos correspondientes a hombres adultos en los asientos delanteros y dos de niños en los asientos extremos posteriores. Para representar a los adultos, hombres de talla mediana, se emplea el dummy tipo HIII 50%, mientras que uno de los niños se representa por un dummy tipo Q3, niño de 3 años que se ubica atrás del conductor, y otro tipo Q1,5 que representa al niño de 1,5 años, ubicado detrás del acompañante (ASEAN NCAP - FRONTAL IMPACT, 2017). La Figura 1.47 muestra la configuración básica para esta prueba de choque.

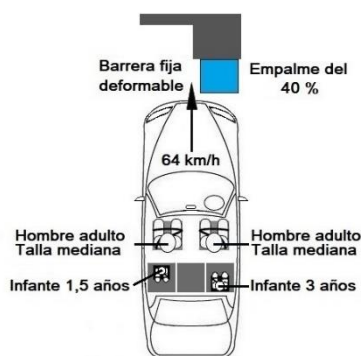


Figura 1.47 ASEAN NCAP. Choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable

- **Choque lateral con barrera deformable.** La prueba utiliza un sistema de chasis rodante que contiene la barrera deformable, cuya masa combinada es de $950\pm 20\text{kg}$, que se desplaza a $50\pm 1\text{km/h}$ para impactar el costado del vehículo. La calificación por lesiones a ocupantes en esta prueba se deriva de los datos y mediciones reportados por tres dummies colocados en el interior del vehículo. Un dummy colocado en el asiento del conductor —lado donde se produce el impacto lateral— correspondiente a un hombre adultos de talla mediana, tipo ES-2, y dos dummies correspondientes a niños de 1,5 años y 3 años colocados en los asientos extremos posteriores. En el asiento posterior del conductor se coloca el tipo Q1,5 que representa al niño de 1,5 años de edad, mientras que en el asiento posterior extremo del lado opuesto al conductor o del impacto, se ubica el dummy Q3, que representa al niño de 3 años de edad (ASEAN NCAP - SIDE IMPACT, 2017). La Figura 1.48 muestra las posibles configuraciones para esta prueba de choque lateral de barrera deformable móvil.

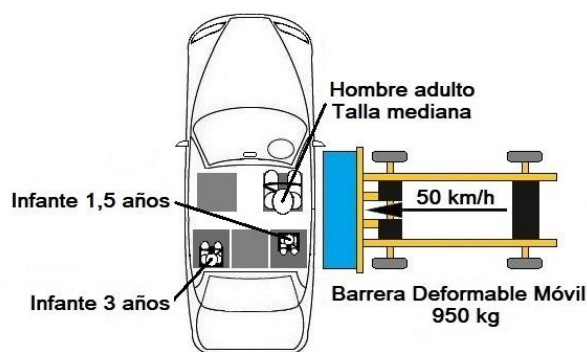


Figura 1.48 ASEAN NCAP. Choque lateral de barrera deformable móvil

- ASEAN NCAP complementa la evaluación de la seguridad del ocupante infantil con base en una metodología que permite analizar y evaluar el uso apropiado y disponibilidad de los sistemas de retención infantil CRS (*Child Restraint System*) recomendados por los fabricantes; la disponibilidad de cinturones de seguridad de tres puntos en los asientos posteriores donde serán colocados los CRS; la compatibilidad entre la configuración de los asientos del modelo del vehículo evaluado y el CRS; la capacidad del modelo del vehículo evaluado para utilizar simultáneamente tres o más posiciones de asientos y adecuados para la configuración del CRS tipo i-Size; la disponibilidad y uso de sistemas ISOFIX; el etiquetado del señalamiento de advertencia del bolsa de aire en asiento del pasajero delantero que advierta sobre la instalación de CRS en dicha posición; la funcionalidad de desactivación de bolsa de aire del asiento del pasajero delantero; y la disponibilidad de CRS integrados, entre lo más relevante enunciado en el protocolo (ASEAN NCAP - COP, 2018)
- ASEAN NCAP lleva a cabo la evaluación de la asistencia de seguridad con base en su protocolo correspondiente (ASEAN NCAP - SAFETY ASSIST, 2017). En este protocolo se evalúa la presencia y tecnologías del sistema

para recordar el uso del cinturón de seguridad, SBR (*Seat Belt Reminder*), del sistema de frenado antibloqueo, ABS (*Anti-Lock Braking System*), del sistema de control electrónico de estabilidad, ESC (*Electronic Stability Control*), de la tecnología de punto ciego, BST (*Blind Spot Technology*) y de las tecnologías de asistencia de seguridad avanzada, Advanced SATs (*Advanced Safety Assist Technologies*). Tanto la operación y funcionamiento del SBR como del BST, son realizados y verificados físicamente por ASEAN NCAP, mientras que el ABS, ESC y las Advanced SATs son revisadas y evaluadas documentalmente. En este sentido, aunque no se realiza prueba física alguna por parte de ASEAN NCAP, este asume la responsabilidad de asegurarse que todos estos sistemas trabajan y funcionan de acuerdo a lo establecido por el fabricante, mediante la revisión de documentos y reportes certificados. Por ejemplo, el ABS y ESC requiere que el fabricante proporcione la certificación de cumplimiento con el reglamento UN R13H; mientras que para la evaluación de las Advanced SATs es fundamental que el fabricante proporcione evidencia de la integración y funcionalidad, así como de la presencia del equipamiento estándar u opcional en el vehículo. Las diversas tecnologías de asistencia, consideradas por ASEAN NCAP, son el frenado de emergencia autónomo, AEB (*Autonomous Emergency Braking*) en sus diferentes vertientes de baja velocidad (ciudad), alta velocidad (interurbano) y para protección a usuarios vulnerables como peatones, ciclista y motociclistas; el sistema de advertencia de choque frontal, FCW (*Forward Collision Warning*); el sistema de advertencia de salida de carril, LDW (*Lane Departure Warning*); y el sistema de asistencia para mantenerse en carril, LKA (*Lane Keep Assist*). El fabricante pudiera ofrecer alguna otra tecnología de asistencia de seguridad, la cual estaría a criterio de ASEAN NCAP para evaluar y calificar.

1.13 C-IASI

Las pruebas de choque para evaluar la seguridad de los autos nuevos comercializados en China son similares a los ensayos de choque frontal realizados por el Instituto de Seguros para la Seguridad de la Carretera (IIHS) de los EUA (Hoffmann & Reuter, 2018). Estos son:

- **Pruebas de choque frontal con empalme pequeño.** El empalme en esta prueba corresponde al $25\% \pm 1\%$ del ancho del vehículo, del lado del conductor y del copiloto, evaluados por separado. El vehículo es acelerado por un sistema de propulsión que le aplica al vehículo una aceleración promedio de $0,3\text{ g}$ ($2,94\text{ m/s}^2$) hasta alcanzar y mantener una velocidad de avance de $64,4 \pm 1\text{ km/h}$ ($40 \pm 0,6\text{ mph}$). El sistema de propulsión libera al vehículo $0,25\text{ m}$ antes de que este impacte la barrera. Un sistema de frenado instalado en el vehículo aplica los frenos de servicio a todas las ruedas un segundo después que el vehículo fue liberado por el sistema de propulsión. La barrera de impacto debe cumplir con las dimensiones especificadas en el protocolo correspondiente. A fin de evaluar las lesiones en los pasajeros y con ello calificar la seguridad del vehículo, un dummy HIII 50% se coloca en

el asiento del conductor emulando un hombre adulto de talla y peso mediano. La Figura 1.49 muestra una descripción de esta prueba de choque, mostrando la posición de las barreras para cada prueba independiente.



Figura 1.49 C-IASI. Choque frontal con empalme del 25% contra barrera lateral rígida

- **Pruebas de choque lateral de barrera deformable móvil.** La barrera deformable MDB (*Moving Deformable Barrier*) se desplaza a 50 ± 1 km/h ($31,1 \pm 0,6$ mph), mientras que el vehículo se mantiene detenido. Para su desplazamiento, la MDB se colocada sobre un chasis de cuatro ruedas, que resulta con una masa combinada de 1500 ± 5 kg e impacta lateralmente sobre el lado del conductor al vehículo, con un ángulo de impacto de 90° formado entre el vector de velocidad de la MDB y el eje longitudinal del vehículo. El arreglo de chasis-MDB —instrumentado y equipado con cámaras de filmación— es movido por un mecanismo de propulsión, el cual lo acelera y mantiene la velocidad establecida. El sistema de propulsión libera al vehículo 0,25 m antes de que este impacte con la barrera. Un sistema de frenado instalado en el arreglo de chasis-MDB aplica los frenos de servicio a todas las ruedas 0,5 segundos después que el vehículo es liberado por el sistema de propulsión. El vehículo a evaluar se mantiene con los frenos de estacionamiento y servicio liberados. Para el caso de vehículos con centros de gravedad (CG) altos y proclives a ser volcados tras el impacto, un sistema de patines antivuelco deberá ser instalados en el lado opuesto a la zona de impacto. A fin de evaluar las lesiones en los pasajeros y con ello calificar la seguridad del vehículo, dos dummies correspondientes a mujeres adultas de talla y peso pequeño —técnicamente referidos como SID IIs— son colocados tanto en el asiento del conductor como en el asiento posterior ubicado del mismo lado del conductor —lado de impacto—. La Figura 1.50 muestra una descripción de esta prueba de choque.

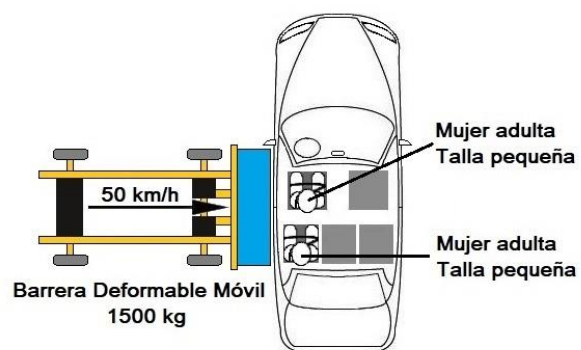


Figura 1.50 C-IASI. Choque lateral de barrera deformable móvil

2 Reglamentaciones y Normativas Internacionales sobre Seguridad Vehicular

Desde la invención del automóvil se han creado estándares por y para la industria automotriz. Muy probablemente, el objetivo de estos estándares fue uniformizar las características y especificaciones de los componentes del vehículo con el propósito de facilitar la intercambiabilidad o la incorporación de estos a los vehículos, aunque fueran producidos por diferentes empresas de autopartes. La producción masiva de vehículos y la técnica de ensamble en serie requerían de la disponibilidad inmediata de las diferentes partes y componentes, muchas de las cuales no necesariamente eran producidas por el mismo fabricante del vehículo. Estos elementos inevitablemente debían cumplir con las características, las dimensiones y los materiales específicos para instalación en el vehículo. A medida que se involucró más tecnología en todo el proceso de fabricación del vehículo se incrementó la cantidad de componentes que conformaban el mismo; por tanto, también se hizo necesario contar con una mayor cantidad de estándares.

Por otro lado, la enorme cantidad de empresas fabricantes de vehículos que surgieron durante las primeras décadas del siglo XX y la política capitalista de libre mercado, sobre todo en los EUA, mantuvo al margen la participación del gobierno en esta actividad. Debido a esto, la reglamentación y la normativa fueron mínimas, salvo en asuntos donde el ser humano, la vida animal o el entorno resultaran evidentemente afectados. Tal fue el caso derivado de los primeros accidentes automovilísticos atribuidos a la poca experiencia acumulada por los usuarios de automóvil, que generó que el gobierno tomara acciones para limitar o “regular” las velocidades de tránsito de este nuevo artefacto.

Elementos incorporados en el vehículo, que más tarde se comprendió podían generar daños o lesiones a los usuarios de éstos, promovió el cambio de especificaciones o estándares, ya fuera por iniciativa de la propia industria automotriz o por presión del gobierno. Tal fue el caso de la introducción inicial del vidrio plano en parabrisas y ventanas a fin de hacer más placentero el viaje, pero que era susceptible de quebrarse al mínimo impacto y cortar a los ocupantes del vehículo. Más tarde, con el desarrollo tecnológico, este tipo de vidrio se sustituyó por el vidrio laminado y por el vidrio templado, pretendiendo minimizar las lesiones por cortadura; no obstante, los primeros vidrios laminados también crearon riesgos a los ocupantes. En el momento en que el gobierno reconoce la necesidad de hacer obligatorio el uso de vidrios que eliminen o reduzcan los riesgos de lesión, se emiten entonces reglamentaciones o normas gubernamentales que velan por la seguridad de los usuarios.

Muchas de las primeras reglamentaciones y normas en materia de seguridad vehicular aplicadas en los países donde se desarrolló la tecnología automotriz, que vieron cómo el automóvil pasó de ser un artefacto de estatus o lujo a un artefacto indispensable, fueron laxas o eran promovidas por los intereses propios de la industria automotriz. En la medida en que la sociedad y la propia economía se vio afectada por la persistente y creciente cantidad de víctimas de accidentes de tránsito y sus costos involucrados, obligó la participación directa de gobiernos mediante acciones que, a la postre, derivaron en la creación de reglamentaciones y normativas de seguridad vehicular y, en general, de la seguridad vial. Esto, aunado a la falta de compromiso de asumir o aceptar, parcial o totalmente, la responsabilidad por parte de la industria automotriz ante esta problemática.

A mediados del siglo XX, sesenta años después del nacimiento del automóvil con motor de combustión interna, tanto en Europa del Este como en EUA se intensificó el interés gubernamental para regular, normar o generar directivas en temas de tránsito en carreteras y vehículos de motor. La finalidad del gobierno fue procurar el desarrollo, la competitividad, el intercambio comercial y la seguridad, enfatizándose en EUA a finales de 1960 el tema de la seguridad vial.

Ambas regiones, Europa del Este y Norteamérica, desarrollaron sus particulares esquemas normativos y de certificación en el tema de la seguridad vehicular, los cuales son replicados, adoptados o tomados como referencia por otros países o regiones para desarrollar sus normativas vehiculares correspondientes. Esto da lugar a dos de los esquemas más comunes de certificación o aprobación, que son la “Aprobación por Tipo” —utilizada en Europa— y la “Autocertificación” —adoptada por los EUA—, cada una de ellas con sus particulares características. Esencialmente, la Aprobación por Tipo delega toda la responsabilidad del cumplimiento normativo al fabricante del vehículo antes de que este sea comercializado. Bajo este supuesto, el fabricante está obligado a demostrar el cumplimiento de las normas y directivas con base en la presentación de informes o certificados realizada por terceros, los cuales pertenecen a un padrón de laboratorios o entidades de prueba certificadas y reconocidas. El gobierno revisa, verifica y constata la validez de los informes, certificados o reportes suministrados por el fabricante, antes de autorizar la comercialización del modelo de vehículo en particular. Por otro lado, en el esquema de Autocertificación el fabricante del vehículo certifica o declara al gobierno que su producto —modelo de vehículo— cumple con las normas o reglamentos correspondientes y puede entonces comercializar su producto. La verificación del cumplimiento normativo lo realiza entonces el gobierno a partir del muestreo del modelo del vehículo que ya se encuentra en el mercado. Dicha verificación de cumplimiento implica la realización de pruebas o ensayos que corren totalmente a cuenta del propio gobierno quien debe contar con laboratorios propios de ensayo o de pruebas certificados, o bien, subcontratar éstos (Vázquez Vega, 2017).

En la Aprobación o Certificación de Tipo no se autoriza la comercialización de un modelo de vehículo si el fabricante no cumple la normativa, por lo que nunca llega al mercado, previniéndose posibles efectos nocivos a los usuarios por fallas de ese

vehículo. En contraparte, la Autocertificación permite la comercialización inmediata del modelo de vehículo, el cual pudiera no estar en la muestra de verificación gubernamental. Si en su uso el modelo presenta fallas, algunas de ellas comprometiendo la integridad física de los ocupantes, el gobierno toma medidas reactivas para investigar y calificar las fallas, asumiendo el costo. En caso de encontrar incumplimientos normativos, emprende acciones legales contra el fabricante para retirar del mercado ese modelo de vehículo. Por lo anterior, el gobierno requiere de elevados recursos económicos y altas capacidades técnicas, así como de un marco legal eficiente y robusto, además de una alta capacidad de gestión y respuesta.

2.1 Reglamentaciones y Normativas Federales de los EUA

Aunque el Congreso de los EUA podría establecer a través de un instrumento legislativo los detalles para la reglamentación y normativa de los vehículos de motor, este delega a sus organismos federales la autoridad para establecerlos. En este sentido, el marco normativo gubernamental de los EUA en el tema de los vehículos de motor está controlado por la Administración Nacional de Seguridad de Tránsito de Carreteras, NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*) quien, a su vez, depende del Departamento de Transporte, DOT (*Department of Transportation*). La NHTSA coordina la creación y publicación de los Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos de Motor, FMVSS (*Federal Motor Vehicle Safety Standards*). La elaboración, autorización, o rechazo de las reglas o reglamentaciones federales implica la participación del poder legislativo —Congreso—, del poder ejecutivo —Organismos Federales— y del poder Judicial —Juzgados—. La información sobre planes, actividades y documentos para la elaboración de las reglas se difunde por medio del boletín oficial de gobierno de los EUA, denominado Registro Federal, FR (*Federal Register*).

Cuando, después de todo el proceso administrativo, una regla se publica de manera definitiva en el FR, esta se codifica en el Código de Reglamentos Federales, CFR (*Code of Federal Regulations*). El CFR está compuesto por 50 Títulos que abarcan todos los entornos reglamentados en el marco federal; a su vez, cada título se encuentra dividido por capítulos que usualmente llevan el nombre del organismo federal que los publica (Gobierno de los EUA e-CFR, 2018). Para el caso, la reglamentación federal en materia de transporte se encuentra contenida en el Título 49 “Transporte”. La reglamentación generada por la NHTSA se encuentra en las partes 500 a 599, pertenecientes al Capítulo V. En última instancia, la reglamentación referente a los estándares aplicables a los vehículos de motor, FMVSS, se localiza en la Parte 571. La Figura 2.1 muestra la posición jerárquica que ocupan las FMVSS en el marco legal de los EUA.

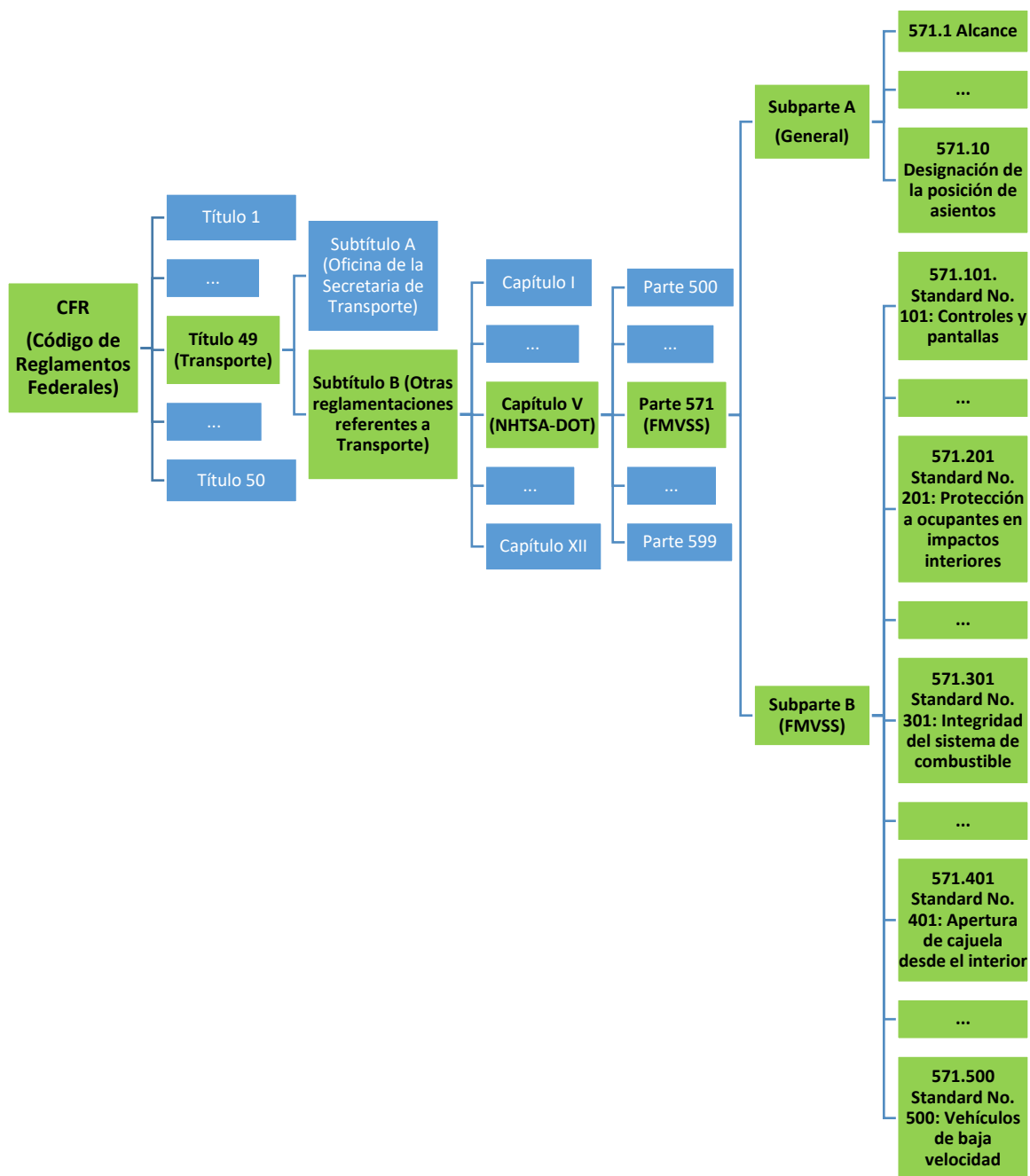


Figura 2.1 Esquema jerárquico de las FMVSS

La Parte 571 está conformada por la Subparte A y la Subparte B. La Subparte A, contiene lo relacionado con ocho elementos generales que son el alcance, las definiciones, explicaciones de uso, referencias, campo de aplicación, fecha de entrada en vigor, separabilidad y la designación de la posición de los asientos. La

Subparte B contiene un total de 67 estándares sobre vehículos de motor clasificados en cinco series: 100, 200, 300, 400 y 500. La serie 100 está compuesta por treinta y un estándares, la serie 200 por veintisiete estándares, la serie 300 por cinco estándares, la serie 400 por tres estándares y la serie 500 por un estándar. Las Tablas 2.1 a 2.3 muestran los 67 FMVSS vigentes, así como el tema normado. Diversas reglamentaciones o estándares FMVSS tienen soporte técnico en reglamentaciones de órganos normativos como el Instituto Americano de Estándares Nacionales, ANSI (*American National Standard Institute*); la Asociación Americana de Pruebas de Materiales, ASTM (*American Society of Testing Materials*); la Organización Internacional de Normalización, ISO (*International Organization for Standardization*) y la Sociedad de Ingenieros Automotrices, SAE (*Society of Automotive Engineers*).

Tabla 2.1 Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos de Motor, FMVSS

Número de Estándar e Identificación FMVSS (49 CFR §571.)	Tema reglamentado
101	Controles y pantallas
102	Secuencia de posición de palanca de velocidades, protección de arranque y efecto de frenado de la transmisión
103	Descongelamiento de parabrisas y sistema desempañante
104	Sistema de limpiaparabrisas
105	Sistemas de frenado hidráulico y eléctrico
106	Tuberías de frenos
108	Lámparas, dispositivos reflejantes y equipamiento asociado
109	Neumáticos nuevos y ciertas llantas especiales
110	Selección de llantas, rines e información de capacidad de carga de vehículos recreacionales, campers y remolques motorizados con un PBV de 4536 kg (10000lb) o menos
111	Visibilidad posterior
113	Sistema de cerrojo del cofre
114	Protección antirrobo
116	Líquidos de frenos de autos
117	Renovado de llantas
118	Ventanas eléctricas y sistemas de toldos abatibles
119	Llantas neumáticas para vehículos de motor con PBV de 4365 kg (10000lb) o más
120	Selección de llantas, rines e información de capacidad de carga de vehículos recreacionales, campers y remolques motorizados con un PBV de 4536 kg (10000lb) o más
121	Sistemas de frenos de aire
122	Sistemas de frenos de motocicletas
122a	Sistemas de frenos de motocicletas
123	Controles y pantallas de motocicleta
124	Sistemas de control del acelerador

Tabla 2.2 Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos de Motor, FMVSS (continuación)

Número de Estándar e Identificación FMVSS (49 CFR §571.)	Tema reglamentado
125	Dispositivos de advertencia
126	Sistemas de control electrónico de estabilidad para vehículos ligeros
129	Llantas no neumáticas nuevas para vehículos de pasajeros
131	Dispositivos de seguridad instalados en autobuses escolares para protección de peatones
135	Sistemas de frenos de vehículos ligeros
136	Sistemas de control electrónico de estabilidad para vehículos pesados
138	Sistemas de monitoreo de presión de llantas
139	Llantas neumáticas radiales nuevas para vehículos ligeros
141	Requerimientos mínimos de sonido para vehículos híbridos y eléctricos
201	Protección a ocupantes en impactos interiores
202	Sistemas de retención de cabeza; aplicable como opción del fabricante hasta el 1ro de septiembre de 2009
202a	Sistemas de retención de cabeza; aplicación obligatoria a partir del 1ro de septiembre de 2009
203	Protección de impacto del conductor contra el sistema de dirección
204	Control de desplazamiento de la dirección
205	Materiales de las ventanas
205(a)	Equipamiento de las ventanas fabricadas antes del 1 de septiembre de 2006 y uso de materiales para ventanas en vehículos fabricados antes del 1 de noviembre de 2006
206	Seguros de puertas y sus componentes de retención
207	Sistemas de asientos
208	Protección a ocupantes ante choques
209	Ensamblados asiento-cinturón
210	Ensamble de los anclajes de los cinturones de seguridad
212	Montaje de parabrisas
213	Sistemas de retención infantil
214	Protección contra impactos laterales
216	Resistencia del toldo al aplastamiento; aplicable a menos que el vehículo esté certificado con el estándar §571.216a
216a	Resistencia del toldo al aplastamiento; estándar actualizado
217	Salidas de emergencia de autobuses y sistemas de retención y liberación de ventanas
218	Cascos para motociclistas
219	Zona de intrusión en parabrisas
220	Protección antivuelco para autobuses escolares
221	Resistencia en los puntos de unión en las carrocerías de los autobuses escolares

Tabla 2.3 Estándares Federales de Seguridad de los Vehículos de Motor, FMVSS (continuación)

Número de Estándar e Identificación FMVSS (49 CFR §571.)	Tema reglamentado
222	Asientos de los pasajeros de autobuses escolares y protección contra choques
223	Defensas contra impactos posteriores para remolques y semirremolques
224	Instalación de defensas contra impactos posteriores para remolques y semirremolques
225	Sistemas de anclaje de retención infantil
226	Mitigación de eyección
301	Integridad del sistema de combustible
302	Flamabilidad de materiales interiores
303	Integridad del sistema de combustible de vehículos que usan gas natural comprimido
304	Integridad del recipiente de combustible de gas natural comprimido
305	Vehículos eléctricos: derrame del electrolito y protección contra choque eléctrico
401	Apertura de cajuela desde el interior
403	Sistema de plataforma para elevación de vehículos de motor
404	Instalación de sistemas de plataforma para elevación de vehículos de motor
500	Vehículos de baja velocidad

2.2 Normativas o Estándares en Europa

Como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial Europa inicia un arduo proceso de reconstrucción e intento de unificación apoyada estrechamente por la Organización de las Naciones Unidas, ONU. En este proceso, en 1947 se crea la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, CEPE o ECE (*Economic Commission for Europe*) o UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*). Esta comisión tendría el propósito de promover la cooperación y desarrollo económico de los países europeos miembros. Por otro lado, en 1957 se crea la Comunidad Económica Europea, CEE, también conocida como EEC (*European Economic Community*), manteniendo el derrotero del desarrollo económico comunitario para países europeos. Finalmente, en 1993 se crea la Unión Europea como una unión ya no sólo económica, sino también política, fusionándose en ésta la CEE y renombrándose también como Comunidad Europea, CE o EC (*European Community*) o Unión Europea, UE o EU (*European Union*).

Desde su conformación como EEC, EC o EU, en Europa se han redactado una gran cantidad de instrumentos de regulación contenidas en un marco legal de reglamentaciones, directiva y decisiones, como elementos jurídicos para promover la competencia y el desarrollo económico entre los países miembros. La Unión Europea —UE— consolidada en un Estado de Derecho, mantiene definidos sus instrumentos jurídicos basados en dos tipos de Derecho: el Derecho primario y el Derecho derivado. El primero establece, con base en los Tratados —aprobados voluntaria y democráticamente por todos sus países miembros—, las reglas fundamentales del actuar de toda la UE. El segundo surge de los principios y objetivos fijados en los Tratados dando lugar a las directivas, a los reglamentos y a las decisiones (Unión Europea - europa.eu - Derecho de la UE, 2018).

Los objetivos de los Tratados de la UE se alcanzan por medio de distintos tipos de actos legislativos. Algunos son vinculantes —“*las partes contratantes están comprometidas a crear derechos y obligaciones*” (Naciones Unidas - Colección de Tratados, 2018)— y otros no. Algunos se aplican a todos los países de la UE y otros sólo a algunos. Los actos legislativos vinculantes son los Reglamentos, las Directivas y las Decisiones. Los actos legislativos no vinculantes son las Recomendaciones y los Dictámenes (Unión Europea - europa.eu - Reglamentos, directivas y otros actos legislativos, 2018).

Con respecto a los actos legislativos o jurídicos vinculantes se establece que los Reglamentos deben aplicarse y seguirse, tal cual fueron redactados, por todos los países miembros. Las directivas establecen objetivos que todos los países miembros deben cumplir, mediante la transposición o implantación de las mismas en el marco legal nacional de cada país miembro. Las decisiones son aplicables para aquellas entidades a las cuales se dirigen explícitamente (Unión Europea - europa.eu - Reglamentos, directivas y otros actos legislativos, 2018).

En el marco de la EEC, en Europa se desarrollaron una importante cantidad de reglamentos, directivas y decisiones aplicable a vehículos de motor. La creación de

reglamentaciones europeas continuó cuando varios países de este continente pasaron a conformar la EC y posteriormente la EU. Las Tablas 2.4 a la 2.6 resumen algunos de los reglamentos, directivas y decisiones aplicables a los vehículos de motor vigentes para los países de Europa, miembros de la UE. Adicionalmente, en la actualidad Europa se ha adherido a diversas reglamentaciones en materia de la seguridad de vehículos en el marco de los reglamentos administrados por el grupo de trabajo WP.29 sobre la armonización de reglamentaciones de la UNECE o UN/ECE o ECE y que, desde 1958, ha promovido la seguridad de los vehículos de motor. En dichas tablas se pueden identificar las reglamentaciones promulgadas en los periodos de vigencia de la Comunidad Económica Europea —EEC—, de la Comunidad Europea —EC— y de la Unión Europea —EU— (EUR-Lex Access to European Union Law. Motor vehicle search, 2018).

Tabla 2.4 Reglamentos, directivas y decisiones para vehículos de 4 o más ruedas y sus remolques aplicables en Europa

Número de directiva o reglamento	Tema reglamentado
89/459/EEC	Piso de llantas neumáticas
91/671/EEC	Uso obligatorio de cinturones de seguridad
92/6/EEC	Dispositivos limitadores de velocidad
1997/836/EC	Adhesión de la EC al “Acuerdo de 1958” de la ECE
1998/70/EC	Calidad de combustibles
1999/94/EC	Información al consumidor sobre ahorro de combustible y emisiones de CO ₂
2000/125/EC	Adhesión de la EC al “Acuerdo de 1998” de la ECE
2001/509/EC	Renovado de llantas neumáticas
2003/20/EC	Uso obligatorio de cinturones de seguridad
2005/64/EC	Reutilización, reciclaje y recuperabilidad
2006/040/EC	Emisiones de sistemas de aire acondicionado
2006/363/EC	Decisión de adoptar la Reglamentación UN/ECE-R124 Nuevo reemplazo de ruedas para automóviles y sus remolques
2006/364/EC	Decisión de adoptar la Reglamentación UN/ECE-R123 Sistemas de iluminación frontal adaptativa
2006/40/EC	Emisiones de sistemas de aire acondicionado
2006/443/EC	Adopción de las Reglamentaciones: UN/ECE 108, Producción de llantas neumáticas renovadas para automóviles y sus remolques. UN/ECE 109, Producción de llantas neumáticas renovadas para vehículos comerciales y sus remolques
2007/46/EC	Directiva de marco de trabajo para la aprobación de vehículos de motor
(EC) No 78/2009	Protección a peatones y otros usuarios vulnerables
(EC) No 79/2009	Vehículos que utilizan hidrógeno

Tabla 2.5 Reglamentos, directivas y decisiones para vehículos de 4 o más ruedas y sus remolques aplicables en Europa (continuación)

Número de directiva o reglamento	Tema reglamentado
(EC) No 443/2009	Emisiones contaminantes de vehículos nuevos
(EC) No 595/2009	Emisiones de vehículo pesados
(EC) No 631/2009	Protección a peatones
(EC) No 661/2009	Requerimientos de seguridad en general para la aprobación por tipo
(EC) No 1222/2009	Etiquetado de llantas
(EU) No 406/2010	Vehículos de motor propulsados por hidrógeno
(EU) No 672/2010	Sistema anti vaho y anti congelamiento del parabrisas
(EU) No 1003/2010	Ubicación y montaje de matrícula posterior
(EU) No 1005/2010	Dispositivos de arrastre
(EU) No 1008/2010	Sistema de limpia parabrisas
(EU) No 1009/2010	Guardafangos
(EU) No 109/2011	Sistemas para suprimir la aspersion
(EU) No 458/2011	Instalación de llantas
(EU) No 459/2011	Protección a peatones
(EU) No 510/2011	Límites de emisiones contaminantes
(EU) No 725/2011	Tecnologías para la reducción de emisiones de CO2
(EU) No 64/2012	Emisiones de vehículos de servicio pesado (Euro VI)
(EU) No 130/2012	Requerimientos de seguridad en general para la aprobación por tipo
(EU) No 347/2012	Sistemas avanzados de frenado de emergencia
(EU) No 351/2012	Sistemas de advertencia de abandono de carril
(EU) No 1230/2012	Pesos y dimensiones
(EU) No 1/2014	Nivel de ruido
(EU) No 165/2014	Tacógrafos en transportes de carretera
(EU) No 427/2014	Tecnologías para reducción de CO2
(EU) No 540/2014	Nivel de ruido de vehículos de motor y reemplazo del sistema silenciador
(EU) 2015/166	Suplemento de los requerimientos de seguridad en general para la aprobación por tipo
(EU) 2015/2250 2015/2251	Emisiones de CO2
(EU) 2016/587	Iluminación exterior eficiente de vehículos
(EU) 2016/1123 (EU) 2016/2038 (EU) 2017/443	Propuestas de enmiendas a reglamentaciones UN/ECE-R (3, 4, 6, 7, 9, 11, 13, 13-H, 14, 16, 19, 23, 27, 28, 30, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 60, 64, 69, 70, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 86, 87, 90, 91, 98, 99, 101, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 119, 121, 123, 128, 129, 134, 138)
(EU) 1628/2016	Límites de emisiones contaminantes

Tabla 2.6 Reglamentos, directivas y decisiones para vehículos de 4 o más ruedas y sus remolques aplicables en Europa (continuación)

Número de directiva o reglamento	Tema reglamentado
(EU) 78/2017 (EU) 79/2017	Llamada de emergencia (eCall)
(EU) 548/2017	Tacógrafo sellado
(EU) 654/2017 (EU) 655/2017 (EU) 656/2017	Límites de emisiones y aprobación por tipo de motores de combustión interna

2.3 Reglamentaciones promovidas por la Organización de las Naciones Unidas

Tras la creación en 1947 de la UNECE se abren foros de debate en diferentes temas trascendentales para Europa. Uno de ellos fue el tema de los accidentes de tránsito y la circulación vial, que a la postre daría lugar a la creación del Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29). Dicho Foro trata los temas de seguridad y desempeño ambiental de vehículos de ruedas, sus sistemas y sus partes (UNECE, 2018), atendiendo los tópicos de:

- Seguridad Activa
- Seguridad Pasiva
- Protección Ambiental
- Seguridad General

El Foro Mundial WP.29 cuenta con un mandato y reglamento específicos que le permiten administrar tres acuerdos que contienen reglamentaciones y reglas para garantizar la seguridad y la eficiencia de los vehículos de motor (Vázquez Vega, 2017). Cualquier país miembro de la ONU puede participar en las actividades del WP.29 que, así mismo, está invitado a adherirse a cualesquiera de los tres acuerdos. Además, tanto organizaciones gubernamentales (OG) como organizaciones no gubernamentales (ONG) pueden calificar para participar en las actividades del Foro Mundial, aunque solo en carácter consultivo. Los acuerdos administrados por el WP.29, son (UNITED NATIONS, 2019):

- Acuerdo de 1958. Establece tanto el marco jurídico como administrativo para establecer reglamentos internacionales de las Naciones Unidas. Los reglamentos definen la adopción de prescripciones técnicas uniformes para vehículos de ruedas, equipamiento y partes que puedan ser fijadas y/o utilizadas en los vehículos con ruedas y las condiciones para el reconocimiento mutuo entre las Partes Contratantes. Al 2019 había 56 Partes Contratantes de este Acuerdo, que consta de 147 reglamentaciones. Las Tablas 2.7 a 2.11 muestran las Reglamentaciones vigentes pertenecientes a este acuerdo.

Tabla 2.7 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958

Identificación del Reglamento UN/ECE-	Tema reglamentado
R0	Aprobación Internacional por Tipo de Vehículo Entero (automóviles)
R1 y R2	Focos de filamento para faros delanteros de haz asimétrico (tipos R2 y HS1)
R3	Dispositivos retro-reflejantes
R4	Iluminación de matrícula posterior
R5	Focos para faros delanteros de haz sellado
R6	Indicadores de dirección
R7	Luces de posición, de parada y de gálibo
R8	Focos para faros delanteros (tipos H1, H2, H3, HB3, HB4,, H7,H8, H9 y HIR21)
R9	Niveles de ruido de vehículos de motor de tres ruedas
R10	Compatibilidad electromagnética
R11	Chapas y bisagras de puertas
R12	Mecanismo de dirección
R13	Frenado de vehículos pesados
R13H	Frenado de vehículos de pasajeros
R14	Anclajes de cinturones de seguridad
R15	Emisiones de gases contaminantes (OBSOLETA REEMPLAZADA POR LA UN R83)
R16	Cinturones de seguridad, sistemas de retención, sistemas de retención infantil y sistemas ISO-FIX
R17	Resistencia de asientos, de sus anclajes y de los apoyacabezas
R18	Sistemas antirrobo
R19	Luces frontales para niebla
R20	Focos para faros delanteros (tipo H4)
R21	Equipamiento interior
R22	Cascos de protección y visores
R23	Luces de reversa
R24	Emisión de contaminantes visibles y medición de potencia de motores ignición por compresión
R25	Apoyacabezas
R26	Protuberancias exteriores de los automóviles
R27	Triángulos de advertencia
R28	Dispositivos de advertencia acústica
R29	Protección de los ocupantes en las cabinas de vehículos comerciales
R30	Llantas neumáticas para vehículos de pasajeros y sus remolques
R31	Focos para faros delanteros de halógeno de haz sellado (tipo HSB)
R32	Comportamiento de la estructura del vehículo ante choque posterior
R33	Comportamiento de la estructura del vehículo ante choque frontal

Tabla 2.8 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación)

Identificación del Reglamento UN/ECE-	Tema reglamentado
R34	Prevención de riesgos de fuego
R35	Posición de los controles de pie (pedales)
R36	Construcción de vehículos grandes de pasajeros
R37	Filamentos de focos
R38	Focos posteriores para niebla
R39	Velocímetro
R40	Emisiones gaseosas contaminantes de motocicletas
R41	Ruido de motocicletas
R42	Dispositivos de protección frontal y posterior en choques a baja velocidad
R43	Materiales e instalación de vidrios de seguridad
R44	Dispositivos de retención infantil
R45	Limpia-faros
R46	Instalación de dispositivos para visión indirecta
R47	Emisiones gaseosas contaminantes de motonetas
R48	Instalación de dispositivos de iluminación y señalamientos luminosos
R49	Emisiones de gases y partículas contaminantes de motores de ignición por compresión e ignición por chispa
R50	Posición de luces frontales y traseras, luz de freno, indicadores de dirección y luz de iluminación de matrícula trasera de motocicletas y motonetas
R51	Emisiones de ruido de vehículos de motor de cuatro ruedas o más
R52	Construcción general de vehículos pequeños de pasajeros
R53	Instalación de dispositivos de iluminación y señalamientos luminosos de motocicletas
R54	Llantas neumáticas para vehículos comerciales y sus remolques
R55	Componentes de acoplamiento mecánico de vehículos combinados
R56	Focos de faros delanteros para motonetas
R57	Focos de faros delanteros para motocicletas
R58	Dispositivos de protección contra empujamiento posterior
R59	Reemplazo del sistema de silenciador
R60	Controles, identificación de controles e indicadores en motocicletas y motonetas
R61	Protuberancias frontales exteriores de la cabina de vehículos comerciales
R62	Sistemas antirrobo de motocicletas y motonetas
R63	Emisiones de ruido de motonetas
R64	Llantas de refacción y llanta para rodarse ponchada
R65	Luces especiales de advertencia
R66	Resistencia de la superestructura de autobuses
R67	Vehículos propulsados por gas de petróleo licuado (LPG)
R68	Medición de máxima velocidad de vehículos (eléctricos inclusive)

Tabla 2.9 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación)

Identificación del Reglamento UNECE-	Tema reglamentado
R69	Matrícula trasera para vehículos de baja velocidad
R70	Matrícula trasera para vehículos largos y pesados
R71	Campo de visión del conductor de tractores agrícolas
R72	Focos de faros delanteros de haz asimétrico para motocicletas (HS1)
R73	Dispositivos para protección lateral
R74	Instalación de dispositivos de iluminación y señalamiento luminoso para motonetas
R75	Llantas neumáticas para motocicletas y motonetas
R76	Focos de faros delanteros para motonetas
R77	Luces de estacionamiento
R78	Frenado de motonetas y motocicletas de dos y tres ruedas
R79	Equipo de dirección
R80	Resistencia de los asientos y sus anclajes de los autobuses
R81	Espejos retrovisores de motocicletas y motonetas
R82	Focos halógenos para faros de motonetas (HS2)
R83	Emisiones contaminantes de automóviles y vehículos comerciales ligeros
R84	Medición de consumo de combustible
R85	Medición de potencia en vehículos (incluidos eléctricos)
R86	Dispositivos de iluminación y señalamiento luminoso para tractores agrícolas
R87	Luces encendidas de día
R88	Llantas retro-reflejantes para vehículos de motor de dos ruedas
R89	Dispositivos para limitación de velocidad
R90	Reemplazo de partes y componentes del sistema de frenos
R91	Luces de ubicación lateral
R92	Reemplazo del sistema de escape y silenciador de motocicletas, motonetas y vehículos de motor de tres ruedas
R93	Dispositivos de protección contra empujamiento delantero
R94	Protección a ocupantes ante choque frontal
R95	Protección a ocupantes ante choque lateral
R96	Emisión de contaminantes de motores de ignición por compresión en vehículos y maquinaria agrícola y forestal, móvil y fija.
R97	Sistemas de alarma de vehículos
R98	Luces frontales equipadas con fuentes de luz por descarga de gas
R99	Fuentes de luz por descarga de gas
R100	Requerimientos para el tren de potencia eléctrico
R101	Medición de emisiones de CO ₂ , consumo de combustible, consumo de energía eléctrica y rango eléctrico en vehículos mecánicos, híbridos y eléctricos
R102	Dispositivos de acoplamiento cerrado (CCD — <i>Close Coupling Device</i> —)
R103	Reemplazo de dispositivos de control de contaminantes
R104	Elementos retro-reflectivos

Tabla 2.10 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación)

Identificación del Reglamento UN/ECE-	Tema reglamentado
R105	Especificaciones y características de construcción para vehículos empleados en el transporte de materiales peligrosos
R106	Llantas neumáticas para vehículos agrícolas
R107	Construcción general de minibuses y autobuses
R108	Producción de llantas neumáticas renovadas para automóviles y sus remolques
R109	Producción de llantas neumáticas renovadas para vehículos comerciales y sus remolques
R110	Componentes específicos y su instalación en motores que emplean gas natural comprimido (CNG —Compressed Natural Gas) y gas natural licuado (LNG — <i>Liquefied Natural Gas</i> —)
R111	Estabilidad al vuelco de autotanques
R112	Focos de faros delanteros que emiten haz asimétrico (incandescente y/o LED — <i>Light Emitting Diode</i> —)
R113	Focos de faros delanteros que emiten haz simétrico (incandescente y/o LED)
R114	Reemplazos de módulos de bolsas de aire, volante de dirección con bolsa de aire y sistema de bolsas de aire
R115	Re-equipamiento de sistema específicos en motores que emplean gas natural comprimido (CNG) y gases licuados del petróleo (LPG — <i>Liquefied Petroleum Gases</i>)
R116	Sistemas de alarma y antirrobo
R117	Emisiones de ruido por rodamiento de llantas, adherencia de llantas en superficies mojada y resistencia de la llanta al rodamiento
R118	Comportamiento al fuego de materiales empleados en la construcción de interiores y su capacidad para repeler combustible y lubricante
R119	Luces para iluminación lateral en virajes
R120	Medición de la potencia neta, par neto y consumo de combustible de motores para tractores agrícolas, forestales y maquinaria fija.
R121	Ubicación e identificación de controles manuales e indicadores
R122	Sistema de calefacción
R123	Sistemas de iluminación frontal adaptativa
R124	Nuevo reemplazo de ruedas para automóviles y sus remolques
R125	Campo de visión frontal para el conductor
R126	Sistemas de división para protección a pasajeros contra el deslizamiento del equipaje
R127	Desempeño de la seguridad al peatón
R128	Fuentes de luz LED
R129	Sistemas mejorados de retención infantil
R130	Sistema de advertencia de abandono de carril (LDWS — <i>Lane Departure Warning System</i> —)
R131	Sistemas avanzados de frenado de emergencia (AEBS — <i>Advanced Emergency Braking Systems</i> —)
R132	Dispositivos de control de emisión retroalimentado

Tabla 2.11 Reglamentos de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1958 (continuación)

Identificación del Reglamento UN/ECE-	Tema reglamentado
R133	Capacidad de reciclaje de vehículos de motor
R134	Desempeño de la seguridad de vehículos de motor que utiliza hidrógeno como combustible
R135	Desempeño del choque lateral contra poste
R136	Vehículos eléctricos de menos de cuatro ruedas
R137	Choque frontal con enfoque en los sistemas de retención
R138	Reducción del ruido de vehículos electrificados
R139	Sistemas de asistencia de frenado (BAS — <i>Brake Assist Systems</i> —)
R140	Sistema de control electrónico de estabilidad (ESC — <i>Electronic Stability Control</i> —)
R141	Sistema de monitores de presión de llantas (TPMS — <i>Tyre Pressure Monitoring Systems</i> —)
R142	Instalación de llantas
R143	Sistemas de retroalimentación en motores de combustible dual de vehículos pesados (HDDF-ERS — <i>Heavy Duty Dual-Fuel Engine Retrofit Systems</i> —)
R144	Sistema de llamado de emergencia en caso de accidente (AECS — <i>Accident Emergency Call Systems</i> —)
R145	Sistemas de anclaje ISOFIX
R146	Desempeño de la seguridad de vehículos de motor de menos de cuatro ruedas que utiliza hidrógeno como combustible.
R147	Componentes de acoplamiento mecánico de combinaciones vehiculares agrícolas

- Acuerdo de 1997. Este acuerdo permite a las Partes Contratantes establecer Reglas de la Naciones Unidas que son aplicables a las inspecciones periódicas de los vehículos en servicio. A través de este Acuerdo se establece el marco legal para los procedimientos técnicos jurídicos necesarios para la adopción de normas uniformes relativas a la inspección técnica de los vehículos en servicio, así como la expedición de los certificados internacionales de inspección. Al 2019 había 15 Partes Contratantes de este Acuerdo, el cual consta de 4 reglas. La Tabla 2.12 muestra las Reglas vigentes pertenecientes a este acuerdo.

Tabla 2.12 Reglas de las Naciones Unidas sobre Inspecciones Técnicas Periódicas adheridas al Acuerdo de 1997

Identificación	Tema reglamentado
Regla No. 1	Protección del medio ambiente
Regla No. 2	Inspecciones técnicas periódicas de vehículos de carretera
Regla No. 3	Inspecciones técnicas periódicas de vehículos de carretera que utilizan Gas Natural Comprimido (GNC), Gas Licuado de Petróleo (GLP) y/o Gas Natural Licuado (GNL)
Regla No. 4	Inspecciones técnicas periódicas de vehículos de carretera eléctricos o híbridos

- Acuerdo de 1998. Este Acuerdo contempla la implantación y adopción de Reglamentos Técnicos Mundiales, GTR (*Global Technical Regulations*), para vehículos con ruedas, equipamiento y partes que puedan estar fijas o ser utilizadas en los vehículos con ruedas. Los GTR se establecen mediante votación por consenso de las Partes Contratantes y esencialmente contienen requisitos de rendimiento y procedimientos de ensayo armonizados mundialmente. Hasta el 2019 había 38 Partes Contratantes de este Acuerdo, el cual consta de 20 reglamentaciones técnicas mundiales. La Tabla 2.13 resume las reglamentaciones técnicas mundiales vigentes administradas por este acuerdo.

Tabla 2.13 Reglamentos Técnicos Mundiales de las Naciones Unidas adheridos al Acuerdo de 1998

Identificación del Reglamento UN GTR	Tema reglamentado
No. 1	Seguros de puertas y sus componentes de retención
No. 2	Emisiones de gases contaminantes, emisión de CO ₂ y consumo de combustible de motocicletas
No. 3	Sistemas de frenado de motocicletas
No. 4	Emisiones contaminantes de vehículos que utilizan gas natural (<i>NG —Natural Gas—</i>) o gas licuado del petróleo (<i>LPG —Liquefied Petroleum Gases—</i>)
No. 5	Requerimientos técnicos para los sistemas de diagnóstico a bordo OBD — <i>On-Board Diagnostic—</i>
No. 6	Materiales de vidrios de seguridad para vehículos de motor
No. 7	Apoyacabezas
No. 8	Sistemas de control electrónico de estabilidad (<i>ESC —Electronic Stability Control—</i>)
No. 9	Protección a peatones y a otros usuarios vulnerables
No. 10	Emisiones fuera de ciclo, OCE — <i>Off-cycle emissions—</i>
No. 11	Procedimiento de prueba de medición de contaminantes de motores de ignición por compresión utilizados en tractores agrícola y forestales, así como en maquinaria fija.
No. 12	Ubicación, identificación y operación de controles e indicadores en motocicletas
No. 13	Vehículos de hidrógeno y celdas de combustible
No. 14	Choque lateral contra poste
No. 15	Método de prueba armonizado mundialmente para determinar niveles de gases, material particulado, número de partículas, emisiones CO ₂ , consumo de combustible, consumo de energía eléctrica y rango eléctrico para vehículos ligeros.
No. 16	Llantas neumáticas radiales nuevas
No. 17	Requerimientos del desempeño ambiental de vehículos de motor de dos y tres ruedas
No. 18	Sistemas de diagnóstico a bordo OBD — <i>On-Board Diagnostic—</i> en vehículos de motor de dos y tres ruedas
No. 19	Procedimiento para determinar el nivel de emisiones por evaporación de combustible en vehículos ligeros
No. 20	Seguridad de vehículos eléctricos

2.4 Reglamentaciones y estándares en Canadá

Los Estándares sobre Seguridad de los Vehículos de Motor de Canadá, CMVSS (*Canada Motor Vehicle Safety Standards*) están conformados por las Reglamentaciones sobre la Seguridad de los Vehículos de Motor (Government of Canada - Justice Laws Website - C.R.C., c. 1038, 2018), por las Reglamentaciones sobre Seguridad de las Llantas de los Vehículos de Motor (Government of Canada - Justice Laws Website - SOR/2013-198, 2018), y por las Reglamentaciones sobre los Sistemas de Retención de los Vehículos de Motor y la Seguridad de los Asientos Elevados (Government of Canada - Justice Laws Website - SOR-2010-90, 2018).

Varios de estos estándares se detallan técnicamente en los Documentos de Estándares Técnicos, TSD (*Technical Standards Document*) o en los Métodos de Prueba, TM (*Test Method*), publicados por el Departamento de Transporte de Canadá. Algunas de las reglamentaciones y estándares canadienses se basan en los estándares de los EUA, los FMVSS, dado que entre ambos países existe un amplio intercambio comercial de productos de sus industrias automotrices, compartiendo algunos, incluso, el mismo nombre.

Las Tablas 2.14 a la 2.16 resumen las reglamentaciones de seguridad vehicular existentes en Canadá (Government of Canada - Motor Vehicle Safety Regulations (C.R.C., c. 1038), 2018) (Government of Canada - Motor Vehicle Tire Safety Regulations (SOR/2013-198), 2018) (Government of Canada - Motor Vehicle Restraint Systems and Booster Seats Safety Regulations (SOR/2010-90), 2018).

Tabla 2.14 Reglamentación canadiense aplicable a los vehículos de motor

Identificación			Tema reglamentado
CMVSS	TSD	TM	
101	101		Controles, espías, indicadores y fuentes de iluminación
102			Funciones de control de la transmisión
103			Descongelamiento de parabrisas y sistema desempañante
104			Sistema de limpiaparabrisas
105	105		Sistemas de frenado hidráulico y eléctrico
106	106		Tuberías de frenos
108	108		Sistemas de iluminación y dispositivos reflejantes
109	109		Llantas nuevas y ciertas llantas especiales
110	110		Selección de llantas y rines para vehículos de motor con peso bruto vehicular nominal de 4536 kg o menos
111			Espejos y sistemas de visibilidad posterior
113			Sistema de cerrojo del cofre
114	114		Protección antirrobo y prevención de hurto
115			Número de identificación vehicular
116	116		Líquidos de frenos
118	118		Ventanas eléctricas y sistemas de toldos abatibles
119	119		Llantas nuevas para motocicletas y vehículos de motor con peso bruto vehicular nominal de más de 4536 kg

Tabla 2.15 Reglamentación canadiense aplicable a los vehículos de motor (continuación)

Identificación			Tema reglamentado
CMVSS	TSD	TM	
120	120		Selección de llantas y rines para vehículos de motor con peso bruto vehicular nominal de más de 4536 kg
121	121		Sistemas de frenos de aire
122	122		Sistemas de frenos de motocicletas
123	123		Controles y pantallas de motocicleta
124	124		Sistemas de control del acelerador
126	126		Sistemas de control electrónico de estabilidad para vehículos ligeros
131	131		Dispositivos de seguridad instalados en autobuses escolares para protección de peatones
135	135		Sistemas de frenos de vehículos ligeros
136			Sistemas de control electrónico de estabilidad para vehículos pesados
139	139		Llantas nuevas radiales para vehículos de motor con peso bruto vehicular nominal de 4536 kg o menos
201			Protección a ocupantes
202	202		Sistemas de retención de cabeza
203			Protección de impacto del conductor contra el sistema de dirección
204	204		Desplazamiento hacia atrás de la columna de la dirección
205			Materiales para vidrios
206	206		Seguros de puertas y sus componentes de retención
207	207		Anclaje de asientos
208	208		Protección a ocupantes ante choques frontales
209	209		Ensamblajes de los cinturones de seguridad
210	210	210	Anclajes de los cinturones de seguridad
210.1			Anclajes amigables para sistemas de retención para niños y para aumento de asiento
210.2			Sistema de anclaje universal bajo para sistemas de retención y para aumento para asiento
212	212		Montaje de parabrisas
213		213	Sistemas de retención para niños
213.1		213.1	Sistema de retención para infantes
213.2		213.2	Aumento para asiento
213.3		213.3	Sistemas de retención para personas con discapacidad
213.5		213.5	Sistemas de retención para infantes con necesidades especiales
214	214	214	Protección contra choque lateral
215			Defensas
216	216		Resistencia del toldo al aplastamiento
217			Retención de las ventanas de autobuses, liberación de estas y salidas de emergencia

Tabla 2.16 Reglamentación canadiense aplicable a los vehículos de motor (continuación)

Identificación			Tema reglamentado
CMVSS	TSD	TM	
219	219		Zona de intrusión en parabrisas
220	220		Protección antivuelco
221		221	Resistencia en los puntos de unión en las carrocerías de los autobuses escolares
222	222	222	Asientos de los pasajeros de autobuses escolares y protección contra choques
223		223	Defensas contra choques posteriores para remolques y semirremolques
226	226		Mitigación de eyección
301	301		Integridad del sistema de combustible
301.1		301.1	Integridad del sistema de combustible que utiliza gas licuado del petróleo
301.2		301.2	Integridad del sistema de combustible que utiliza gas natural comprimido
301.3			Integridad del sistema de combustible para vehículos de tres ruedas y motocicletas
302	302		Flamabilidad de materiales interiores
305	305		Derrame del electrolito y protección contra choque eléctrico
401	401		Apertura de cajuela desde el interior
500	500		Vehículos de baja velocidad
505			Estabilidad del vehículo
901			Ejes
903		903	Especificaciones del convertidor tipo C
904			Requerimientos del enganche del convertidor tipo C
905		905	Dispositivos para sujeción de la carga
906			Remolque de vehículos para la nieve
1106		1106	Emisiones de ruido
1201			Vehículos para la nieve

2.5 Reglamentaciones y estándares en Australia

La reglamentación nacional australiana obligatoria y aplicable a la seguridad de los vehículos de motor, elementos para antirrobo y emisiones contaminantes se encuentra soportada por medio de las Reglas de Diseño Australiano, ADR (*Australian Design Rules*). Australia también cuenta con regulaciones o estándares de aplicación voluntaria, identificados como Australian Standards® o AS, los cuales son desarrollados en comités técnicos no gubernamentales. Un AS puede ser creado a partir de la adopción de estándares internacionales, como aquellos desarrollados por la Organización Internacional de Estandarización, ISO. Cuando alguno de estos estándares es referenciado o adoptado en la legislación australiana, se convierte en obligatorio.

El gobierno australiano administra sus reglamentaciones con base en la Ley de Estándares para Vehículos de Motor de 1989 (*Motor Vehicle Standards Act 1989*), donde establece que cualquier vehículo de carretera usado en Australia, que haya sido fabricado como vehículo nuevo en Australia o importado como nuevo o de segunda mano, deben cumplir con la reglamentación ADR. Los ADRs son continuamente revisados tomando en cuenta los desarrollos tecnológicos internacionales, así como las opiniones de los grupos de interés nacionales. Adicionalmente, se planifican revisiones completas y detalladas cada diez años a fin de garantizar que permanecen relevantes en sus respectivos temas, manteniendo un adecuado balance costo/beneficio, pero también procurando que no se conviertan en barreras para la importación de vehículos y de sus componentes. La actual edición de ADRs —tercera— tiene en cuenta la armonización de sus estándares de seguridad nacional con reglamentaciones internacionales, adoptando aquellas producidas en el seno de la UNECE, particularmente por su adhesión a los Acuerdos administrados por el WP.29 (Australian Government - Department of Infrastructure, Regional Development and Cities - Australian Rules, 2018). Las Tablas 2.17 a 2.19 resumen las reglas o reglamentaciones vigentes en la tercera edición de los ADR. (Australian Government - Department of Infrastructure, Regional Development and Cities - Third Edition ADR, 2018)

Tabla 2.17 Reglamentación australiana aplicable a seguridad de los vehículos de motor

Identificación ADR	Tema reglamentado
1	Lámparas de reversa
2	Cerraduras y bisagras de puertas laterales
3	Asiento y sus anclajes
4	Cinturones de seguridad
5	Anclajes para cinturones de seguridad
6	Luces direccionales
8	Materiales de vidrios de seguridad
10	Columna de dirección
11	Viseras interiores

Tabla 2.18 Reglamentación australiana aplicable a seguridad de los vehículos de motor (continuación)

Identificación ADR	Tema reglamentado
13	Instalación de iluminación y dispositivo de señales luminosas en vehículos motorizados de cuatro o más ruedas
14	Espejos retrovisores
18	Instrumentación
19	Instalación de iluminación y dispositivo de señales luminosas en vehículos motorizados de dos y tres ruedas
21	Panel de instrumentos
22	Apoyacabezas
23	Llantas para automóviles
25	Seguro antirrobo
28	Ruido eléctrico de vehículos motorizados
29	Resistencia de puerta lateral
33	Sistema de frenos para motocicletas y motonetas
34	Anclajes y herrajes para sistemas de retención de niños
35	Sistemas de frenado de vehículos comerciales
38	Sistemas de frenos de remolques
42	Requerimientos generales de seguridad
43	Configuraciones vehiculares y dimensiones
44	Requerimientos de vehículos de propósito especial
45	Iluminación y dispositivos luminosos de señalización no cubiertos en reglamentaciones ECE
46	Faros frontales
47	Retro-reflectores
48	Dispositivos para iluminación de matrícula posterior
49	Luces de posición, luces de freno y luces de galibo
50	Luces frontales para niebla
51	Filamentos de focos
52	Luces posteriores para niebla
53	Luces de posición, luces de freno, direccionales y luces de matrícula posterior para vehículos de dos y tres ruedas
54	Faros delanteros para motonetas
55	Faros delanteros para motocicletas
57	Requerimientos especiales para vehículos de dos y tres ruedas
58	Requerimientos para el diseño de autobuses para renta
59	Resistencia de autobuses al vuelco
60	Tercera luz de freno
61	Marcado del vehículo
62	Conexiones mecánicas entre vehículos
63	Diseño de remolques para uso en configuraciones vehiculares largas
64	Diseño de vehículos de carga para uso en configuraciones largas
65	Limitadores de velocidad para vehículos de carga pesada y autobuses pesados

Tabla 2.19 Reglamentación australiana aplicable a seguridad de los vehículos de motor (continuación)

Identificación ADR	Tema reglamentado
67	Instalación de luces y señalamientos luminosos en vehículos motorizados de tres ruedas.
68	Protección a ocupantes en autobuses
69	Protección a ocupantes ante choque frontal completo
72	Protección a ocupantes ante choque lateral dinámico
73	Protección a ocupantes ante choque frontal parcial
74	Luces indicadoras laterales
75	Limpiadores para faros
76	Luces activadas durante el día
77	Faros frontales con tecnología de descarga de gas
78	Fuentes de luz con tecnología de descarga de gas
79	Control de emisiones para vehículos ligeros
80	Control de emisiones para vehículos pesados
82	Inmovilizadores de motor
83	Ruido externo
84	Protección contra enclavamiento por choque frontal
85	Desempeño de choque lateral contra poste
86	Luces de estacionamiento
87	Luces para viraje
88	Control electrónico de estabilidad
89	Sistemas de asistencia de frenado
90	Sistema de dirección
91	Protección contra enclavamiento por choque posterior en remolques y semirremolque
92	Protuberancias exteriores
93	Campo de visión frontal
94	Advertencia acústica
95	Instalación de llantas
96	Llantas para vehículos comerciales

La Figura 2.2 resume las reglamentaciones y estándares de seguridad aplicables a los vehículos de motor existentes en los EUA, Europa, las Naciones Unidas, Canadá y Australia, presentados en este capítulo. Dichas reglamentaciones de seguridad se agrupan por punto o zona de influencia en un vehículo de motor.

REGLAMENTACIONES Y/O ESTANDARES DE SEGURIDAD APLICABLES A VEHICULOS DE MOTOR
ESTADOS UNIDOS (FMVSS), EUROPA (EEC, EC, EU, ECE), NACIONES UNIDAS (UNECE, UN GTR), CANADA (CMVSS), AUSTRALIA (ADR)

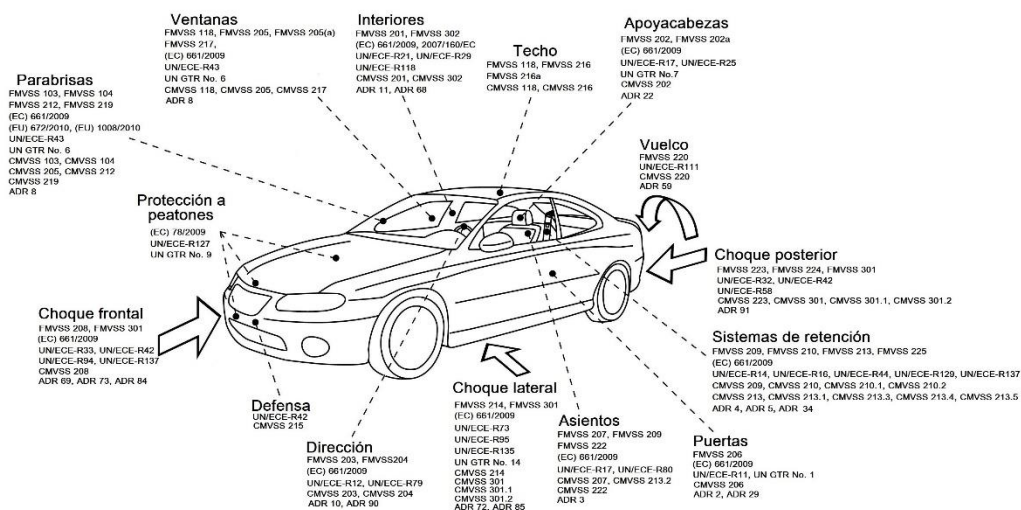


Figura 2.2 Resumen de reglamentaciones internacionales para la seguridad de los vehículos de motor

3 Reglamentaciones internacionales orientadas a la protección de ocupantes de vehículos y peatones

En general, toda reglamentación, norma o estándar, pretende establecer los elementos mínimos necesarios para promover la seguridad, la competencia comercial, la protección del entorno y la intercambiabilidad de sistemas y/o componentes. A fin de incidir en la reducción de la cantidad de víctimas originadas por los accidentes viales, choques y atropellamientos, a finales de la década de 1960 diversos gobiernos asumieron el compromiso de establecer cuál debiera ser el desempeño de los vehículos de carretera, a fin de proteger tanto a sus ocupantes como a los peatones, en caso de accidentes. Lo anterior se comenzó a lograr por medio de la creación de la reglamentación y normativa correspondiente.

En términos generales, las reglamentaciones creadas por países u organismos regionales que tocan los temas de la seguridad a ocupantes y peatones, indirectamente definen cual debiera ser el comportamiento del vehículo y sus sistemas para lograr una mejor seguridad vial. Para el caso específico de choques, las reglamentaciones correspondientes establecen los requerimientos necesarios para incrementar las probabilidades de sobrevivencia o de minimizar las lesiones bajo escenarios específicos y comunes de colisión.

Los requisitos y parámetros de ejecución establecidos en los diversos protocolos NCAP son más demandantes que aquéllos definidos en las reglamentaciones nacionales o regionales. La Figura 3.1 muestra la comparación entre los criterios de seguridad —asociados a las lesiones producidas en los ocupantes del vehículo por un choque frontal con empalme del 40% contra barrera fija deformable—, entre el protocolo definido por la reglamentación de las Naciones Unidas —UN/ECE-R94— y el protocolo de prueba NCAP. La principal diferencia yace en la velocidad de impacto que, para el caso de la mayoría de las reglamentaciones internacionales, es de 56 km/h o, para el caso de las reglamentaciones establecidas por los EUA a través de la FMVSS 571.208 y por Canadá a través de la CMVSS 208, es de 40 km/h.

En este sentido, los fabricantes de automóviles que pretendan comercializar sus productos en determinados países o regiones comerciales donde están perfectamente establecidas reglamentaciones de seguridad, deberán demostrar, mediante autocertificación o aprobación por tipo, que cumplen con dicha reglamentación nacional o regional sobre seguridad. Es evidente que, en países que no cuenten con una reglamentación que establezca las condiciones mínimas de seguridad, con base en criterios internacionales dejan, a elección y a criterio del

fabricante del vehículo, el nivel de seguridad que el vehículo comercializado tendrá en dicho mercado. Es lamentable que existan vehículos comercializados, principalmente en mercados emergentes, con deficiencias en seguridad, principalmente debido a la limitada o nula reglamentación en materia de seguridad vehicular. Lo anterior, constatado a través de los resultados de las pruebas de choque de los organismos NCAP.

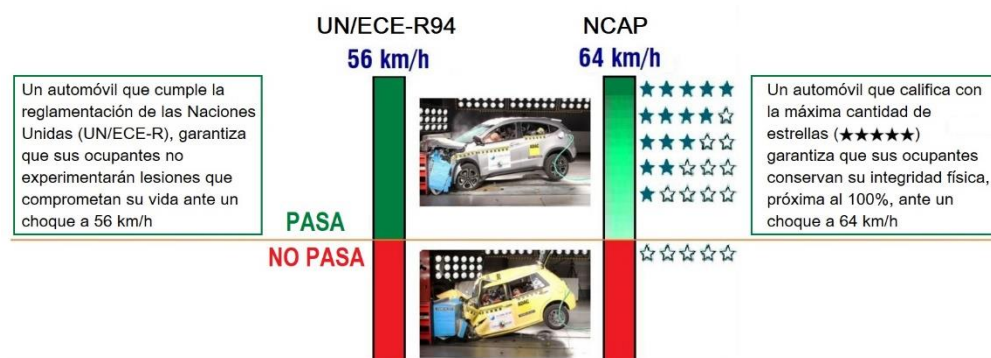


Figura 3.1 Criterio de seguridad reglamentado vs criterio de seguridad NCAP

3.1 Protección a ocupantes

Los mecanismos de protección a los ocupantes de los vehículos bajo diferentes escenarios de choque, pretenden esencialmente reducir tanto la cantidad de muertes como de lesiones severas en los mismos. Independientemente de los mecanismos empleados por los fabricantes de vehículos para la protección de los ocupantes, las diferentes reglamentaciones coinciden en que se deben cumplir determinados requerimientos de diseño y fabricación, que definan un previsible comportamiento del vehículo ante los choques más comunes —frontal, lateral, posterior y vuelco—. Dichos requerimientos deben garantizar que las fuerzas, aceleraciones y desplazamientos medidos por los diferentes sensores ubicados dentro de los maniquíes (dummies) antropomórficos colocados en los asientos del vehículo previo a la prueba de choque, no excedan las magnitudes que comprometen o dañan las diferentes partes de un cuerpo humano real. Estas partes del maniquí pretenden ser réplicas de la cabeza, del cuello, del tórax, del abdomen y de la espalda, así como de las extremidades superiores e inferiores.

3.1.1 Reglamentación de los EUA: FMVSS

EUA define su reglamentación en materia de seguridad vehicular a través de la NHTSA. Esta agencia tiene la responsabilidad de emitir las reglamentaciones o estándares federales de seguridad para los vehículos de motor, FMVSS. Los FMVSS establecen los requerimientos que deben cumplir los vehículos de motor comercializados en los EUA para proteger a los ocupantes de los vehículos en caso de choque. Estos estándares son el FMVSS 208 y el FMVSS 214 (GOVINFO.GOV 571.208, 2018) (GOVINFO.GOV 571.214, 2018). No obstante, hay una cantidad importante de otros estándares FMVSS definidos por la NHTSA que fueron mencionados en el capítulo anterior (ver Tablas 2.1 a 2.3).

El estándar FMVSS 208 plantea diversos casos para la certificación de vehículos de motor en términos de la protección a ocupantes y, en primer lugar, aplica para automóviles, vehículos de carga y autobuses. Los parámetros de las pruebas de choque dependerán de la fecha de producción del vehículo a evaluar. En términos generales, este estándar considera pruebas de impacto frontal contra barrera rígida con ángulos de impacto de $\pm 5^\circ$ o $\pm 30^\circ$, diversas velocidades de impacto y con maniquíes tipo HIII 50% o HIII 5%, utilizando o no el cinturón de seguridad, según se describe en los apartados S5.1, S15 y S16, de dicho estándar. Indica también la realización de pruebas de choque lateral contra barrera rígida móvil, —según lo señalado en los apartados S5.2 y S8.2—, prueba de vuelco dinámico —según se indica en los apartados S5.3 y S8.3— y prueba de impacto frontal parcial —con empalme del 40%— contra barrera fija deformable —según se especifica en los apartados S17 y S18 del FMVSS 208.

Como se menciona líneas arriba, el estándar FMVSS 208 establece la colocación de dummies que pudieran corresponder a hombre adulto de talla mediana (HIII 50%) o mujer adulta de talla mediana (HIII 5%). A través de ellos se determina el posible nivel de lesión producido a los ocupantes dependiendo de los criterios de daño y con lo cual se podrá certificar si el vehículo protege o no a los ocupantes. El FMVSS 208 define que los maniquíes deberán ser colocados en los asientos frontales extremos de cada modelo de vehículo automotor evaluado.

Para determinado tipo de vehículos en términos de los años de fabricación, se establece que debieran estar equipados con sistemas avanzados de bolsas de aire. Dada la diversidad de condiciones de prueba para impacto frontal completo contra barrera rígida, dependiendo del año de fabricación, aquí se hace mención sólo de aquellas necesarias para certificar vehículos fabricados posterior al año 2017 y que tienen incorporado el sistema avanzado de bolsas de aire. Lo anterior se encuentra establecido en los numerales S14 y S14.7 del estándar FMVSS 208, para el caso del impacto frontal completo contra barrera rígida que emplea el maniquí tipo HIII 5%. En estos numerales también se encuentran definidas las pruebas de impacto lateral, vuelco e impacto frontal parcial. En este sentido, la Figura 3.2 muestra las configuraciones para impacto frontal que se deben realizar y que están establecidas en el numeral S16.1(a)(2) —con cinturones de seguridad colocados en los maniquíes tipo HIII 5%— y en el numeral S16.1(b) —sin cinturones de seguridad colocados en los maniquíes tipo HIII 5%—.

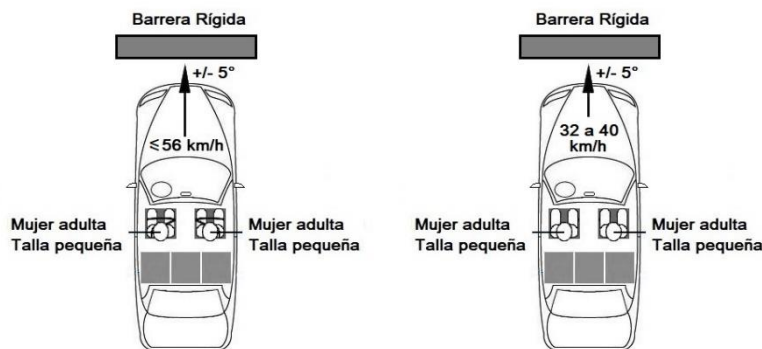


Figura 3.2 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 208 (S16.1(a)(2) —izquierda— y S16.1(b) —derecha—) para choque frontal completo con dummies utilizando el cinturón de seguridad —izquierda— y sin utilizarlo —derecha—

La Figura 3.3 muestra la configuración de la prueba de impacto lateral contra barrera rígida móvil, donde el vehículo a certificar recibe un impacto lateral centrado en la posición y lado del lado del conductor —donde se coloca un dummy tipo HIII 50%—. El impacto se aplica por medio de otro vehículo conformado por un chasis y cuatro ruedas, en cuyo frente, la zona de impacto, se coloca una estructura rígida que forma una superficie de impacto plana y vertical, cuyas dimensiones son de 198x152 cm (78x60 pulg.), con masa combinada de 1816 kg (4000 libras), capaz de desarrollar una velocidad de impacto de 32 km/h (20mph), según especificaciones señaladas en el apartado S8.2 del FMVSS 208.

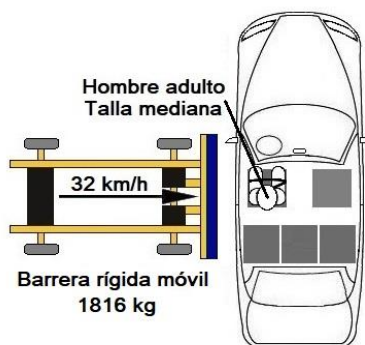


Figura 3.3 Configuración para prueba de choque lateral contra barrera rígida móvil establecida en el estándar FMVSS 208 apartado S8.2

El apartado S8.3 del estándar FMVSS 208 establece las condiciones de prueba para la certificación del vuelco dinámico, el cual puede ser ejecutado hacia cualquiera de los lados del vehículo —izquierda o derecha—. Según lo indica, el vehículo se coloca sobre una estructura deslizante que contiene una plataforma que, a su vez, permite inclinar lateralmente el vehículo a un ángulo de 23° con respecto a la horizontal. Dicha plataforma cuenta con elementos para restringir el deslizamiento lateral de las llantas y, por tanto, del vehículo sobre la plataforma. Dependiendo del lado de inclinación del vehículo, se colocará el maniquí tipo HIII

50% en el asiento delantero extremo más cercano al vértice entre la plataforma y la parte horizontal de la estructura. Mediante un mecanismo de tracción, la estructura se acelera sutilmente hasta lograr una velocidad constante de 48 km/h (30 mph), momento en el cual se detiene súbitamente según lo especificado en el apartado correspondiente —cambio de velocidad de 48 a 0 km/h en una distancia no mayor a 71 cm (3 pies), desarrollando una magnitud de desaceleración de no menos de 20 g en un tiempo no menor a 0,04s—. La Figura 3.4 resume los requerimientos esenciales para dicha prueba de vuelco.

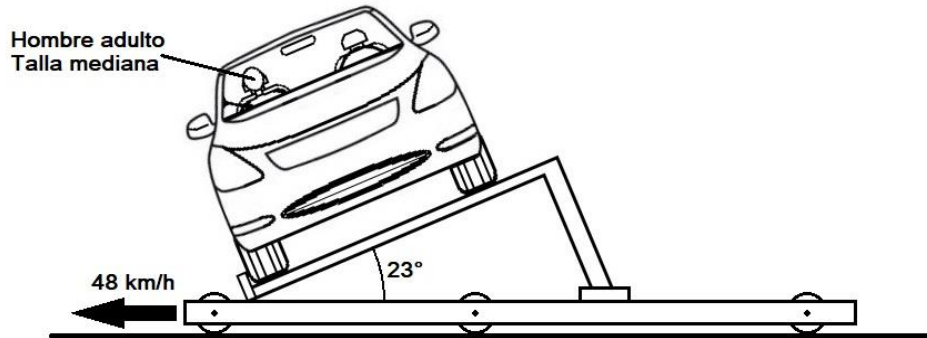


Figura 3.4 Configuración para prueba de vuelco establecida en el estándar FMVSS 208 apartado S8.3

Finalmente, para evaluar la protección de ocupantes adultos, el estándar FMVSS 208, en sus apartados S17 y S18, establece la prueba de choque frontal con empalme del 40% hacia el lado del conductor, contra barrera fija deformable, realizada a 40 km/h. En esta prueba, el vehículo desarrolla una velocidad de choque de 40 km/h y tiene colocados en los asientos frontales dos dummies tipo HIII 5% —mujer adulta de talla pequeña—. La Figura 3.5 muestra las características principales para esta prueba.

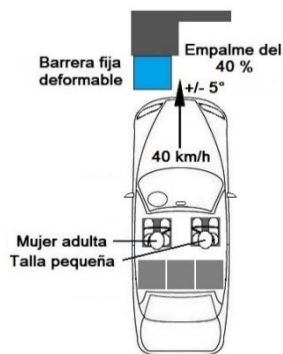


Figura 3.5 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 208, apartados S17 y S18, para choque frontal parcial con empalme del 40%

En la misma temática de las reglamentaciones norteamericanas para la protección a ocupantes en caso de choque, se encuentra el estándar FMVSS 214. Dicho estándar especifica los requerimientos de resistencia de las puertas laterales de los

vehículos de motor, para proteger a los ocupantes en caso de choques laterales desde una perspectiva estática —resistencia de puertas laterales al aplastamiento— cuyos requerimientos se encuentran establecidos en el apartado S6 de dicho estándar. Considera también una perspectiva dinámica, realizada a partir de pruebas de impacto contra barrera móvil deformable o contra poste rígido, cuyos requerimientos se establecen en los apartados S7 a S10, respectivamente. Para el caso de las pruebas dinámicas de impacto, los requerimientos establecen las fuerzas, deflexiones y aceleraciones medidas por medio del maniquí o maniqués antropomórficos, colocados en los asientos del vehículo ubicados hacia el lado donde se produce el impacto. Eventualmente, las mediciones darán lugar al cálculo del nivel de lesiones y daños en ocupantes que, de mantenerse dentro de los valores establecidos, permitirán certificar el nivel de seguridad del vehículo.

La Figura 3.6 muestra la configuración del vehículo y especificaciones para la prueba de impacto lateral contra barrera deformable móvil, indicada en el apartado S8.10 del estándar FMVSS 214. La reglamentación indica que los maniqués colocados en los asientos delantero y posterior del vehículo del lado donde se produce el impacto, corresponden al ES-2re —hombre adulto de talla mediana— en el asiento del conductor y al SID IIs —mujer adulta talla mediana— en el asiento trasero detrás del conductor.

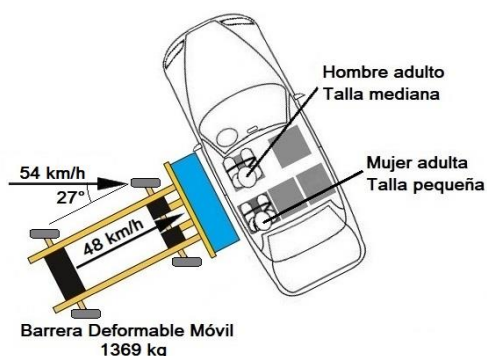


Figura 3.6 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 214 para choque lateral contra barrera móvil deformable

Adicionalmente, la Figura 3.7 muestra las configuraciones del vehículo y especificaciones para la prueba de impacto lateral contra poste rígido, indicada en el apartado S9 del estándar FMVSS 214. Para este caso se plantean las posibilidades de que el impacto contra poste se realice en cualquiera de los costados del vehículo. El maniquí utilizado en esta prueba puede elegirse entre el ES-2re —hombre adulto de talla mediana— o el SID IIs —mujer adulta talla mediana—, el cual debe ubicarse en el asiento delantero del lado donde se produzca el impacto lateral.

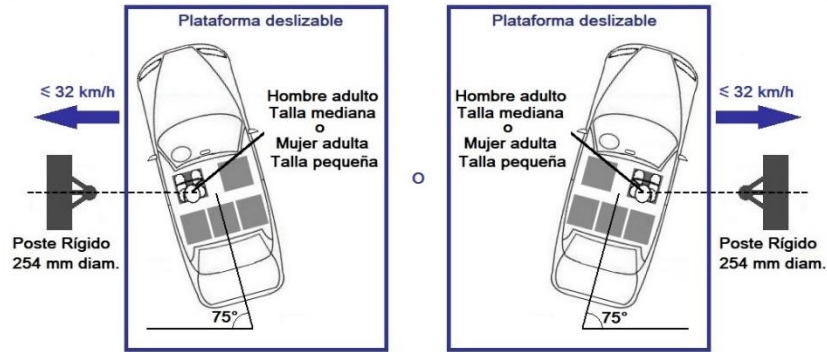


Figura 3.7 Pruebas de choque definidas en el estándar FMVSS 214 para choque lateral contra poste rígido.

Los estándares FMVSS 216 y FMVSS 216a establecen los requerimientos de resistencia del techo o toldo del compartimiento de los ocupantes de vehículos automotores con pesos brutos vehiculares de 2722 kg (6000 lb) o menos y de 4536 kg (10000 lb) o menos, respectivamente. Ambas versiones de estándares establecen como propósito reducir las muertes y lesiones de los ocupantes de los vehículos de motor, debidas al aplastamiento del techo del vehículo en choques que involucren el vuelco de los mismos.

3.1.2 Reglamentación aplicada en la Unión Europea: UN/ECE

La reglamentación regional aplicada para la Unión Europea, específicamente para la protección de los ocupantes de los vehículos de motor, se ha sustentado en aquellas desarrolladas como ECE, EC, EU y, en los últimos años, también en las reglamentaciones desarrolladas por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa —UNECE o UN/ECE—. Estas últimas, con base en las reglamentaciones administradas por el Acuerdo de 1958.

De acuerdo con las reglamentaciones mencionadas en el capítulo anterior (ver Tablas 2.7 a 2.11), actualmente cada uno de los países miembros de la Unión Europea exige que los fabricantes de vehículos de motor que los comercialicen en cualesquiera de los países miembros de dicha Unión, deben cumplir con la aprobación por tipo (o certificación por tipo). Para el caso de la certificación o aprobación del vehículo para la protección a ocupantes, se exige la realización de pruebas de choque frontal completo —contra barrera rígida—, de choque frontal parcial —contra barrera fija deformable— y de choques laterales —de barrera móvil deformable y contra poste rígido— (United Nations. Economic and Social Council. ECE/TRANS/WP.29/343/Rev.26, 2018).

La Figura 3.8 muestra la configuración de la prueba de choque frontal completo contra barrera rígida definida por la reglamentación UN/ECE-R137 — Choque frontal con enfoque en los sistemas de retención—. En esta prueba el vehículo impacta perpendicularmente toda su parte frontal contra una barrera rígida. La velocidad de impacto debe ser de 50 km/h. El modelo de vehículo evaluado

aprobará la prueba y quedará certificado siempre y cuando los niveles de lesión a ocupantes se mantengan dentro de los parámetros establecidos. Dichos niveles de lesión se determinan con base en las mediciones de aceleraciones, fuerzas, pares y deformaciones registradas por los maniquíes o dummies colocados en los asientos frontales del vehículo. Los maniquíes utilizados en esta prueba corresponden a un hombre adulto de talla mediana colocado en el asiento del conductor y al de una mujer adulta de talla pequeña colocada en el asiento del acompañante —copiloto, HIII 50% y HIII 5%, respectivamente.

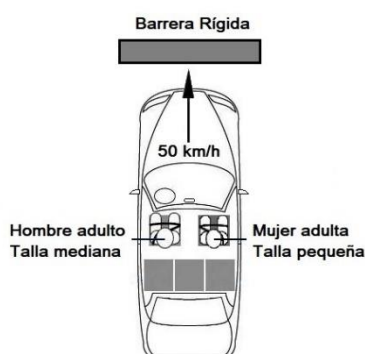


Figura 3.8 Prueba de choque frontal completo definida en la reglamentación UN/ECE-R137

La Figura 3.9 muestra la configuración de la prueba de choque frontal parcial —con empalme del 40%— hacia el lado del conductor contra barrera fija deformable. Para esta prueba, el vehículo impacta parcialmente el frente del mismo contra una barrera fija deformable. La velocidad de impacto debe ser de 56 km/h. El modelo del vehículo evaluado aprobará la prueba y quedará certificado siempre y cuando los niveles de lesión a ocupantes colocados en los dos asientos frontales se mantengan dentro de los parámetros establecidos. Dichos niveles de lesión se determinan con base en las mediciones de aceleraciones, fuerzas, pares y deformaciones registradas por los maniquíes o dummies colocados en los asientos frontales del vehículo. Ambos maniquíes corresponden a un hombre adulto de talla mediana, técnicamente identificado como HIII 50%.

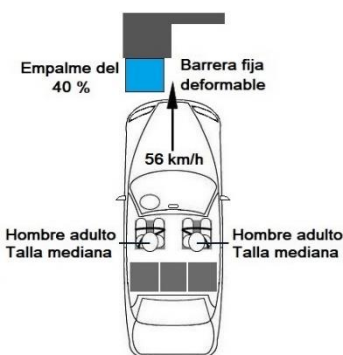


Figura 3.9 Prueba de choque frontal parcial definida en la reglamentación UN/ECE-R94

La Figura 3.10 muestra la configuración de la prueba de choque lateral de barrera móvil deformable —MDB, *Movil Deformable Barrier*—, requerida por la reglamentación UN/ECE-R95. En esta prueba, el modelo del vehículo a certificar es impactado por otro vehículo el cual lleva incorporado, en la parte frontal, una barrera deformable que en conjunto suman una masa total de $950 \text{ kg} \pm 20 \text{ kg}$. La MDB debe desarrollar una velocidad de impacto de $50 \pm 1 \text{ km/h}$. El modelo del vehículo evaluado aprobará la prueba y quedará certificado siempre y cuando los niveles de lesión al ocupante —maniquí colocado en el asiento del conductor— se mantengan dentro de los parámetros establecido. Técnicamente el maniquí utilizado para esta prueba es el tipo ES-2 y representa a un hombre adulto de talla mediana.

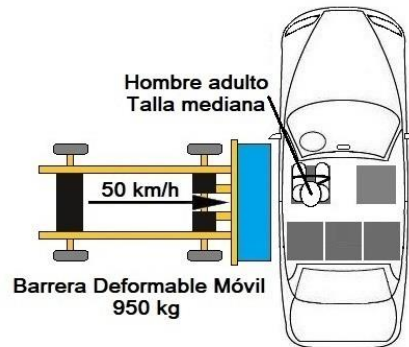


Figura 3.10 Prueba de choque lateral de barrera móvil deformable definida en la reglamentación UN/ECE-R95

La Figura 3.11 muestra la configuración de la prueba de choque lateral contra poste, requerida por la reglamentación UN/ECE-R135 —Impacto Lateral de Poste, PSI (*Pole Side Impact*)— aplicada según la Revisión 26 del acuerdo de las reglamentaciones adheridas por la Unión Europea (United Nations. Economic and Social Council. ECE/TRANS/WP.29/343/Rev.26, 2018). El vehículo a certificar se ubica sobre una plataforma deslizante, la cual debe generar una velocidad de impacto de 32 km/h. El vehículo debe impactar un poste metálico vertical formándose un ángulo de impacto de $75^\circ \pm 3^\circ$, como se muestra en la figura. El impacto puede realizarse en cualquiera de los costados del vehículo para verificar la robustez del diseño e ingeniería de construcción del vehículo. El dummy colocado dentro del vehículo corresponde al tipo WorldSID 50% —hombre adulto de talla mediana—.

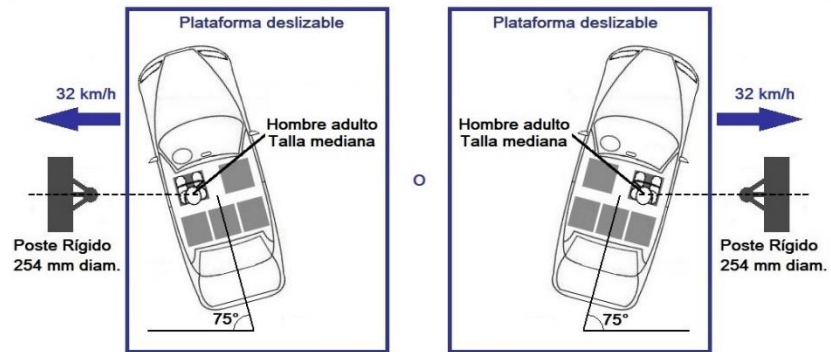


Figura 3.11 Prueba de choque lateral contra poste rígido definida en la reglamentación UN/ECE-R135

3.1.3 Otras reglamentaciones internacionales en materia de seguridad a ocupantes

La Tabla 3.1 resume las reglamentaciones establecidas en las legislaciones de otros países, referentes a protección de ocupantes en choque frontal y lateral.; mientras que la Tabla 3.2 resume aquéllas correspondientes a choque posterior y vuelco (Hoffmann & Reuter, 2018). Estas reglamentaciones son requisito obligatorio para la certificación del modelo de vehículo y su autorización de venta en sus respectivos territorios.

Tabla 3.1 Reglamentaciones internacionales que impulsan la seguridad para los ocupantes de los vehículos de motor ante choques frontal y lateral

País	Impacto Frontal		Impacto Lateral	
	Completo 100%	Parcial 40%	Barrera Deformable Móvil	Poste Rígido
Australia	ADR 69/00. Velocidad de impacto de 48 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).	ADR 73/00 o UN/ECE-R94. Velocidad de impacto de 56 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).	ADR 72/00 o UN/ECE-R95. Velocidad de impacto de 50 km/h. Masa de impacto de 950 kg. Un dummy en asiento delantero en lado del impacto (ES-2).	ADR 85/00 o UN/ECE-R135. Velocidad de impacto de 32 km/h a 75°. Un dummy en asiento delantero en lado del impacto (WS 50%).
Corea del Sur	KMVSS Article 102. Velocidad de impacto de 48,3 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).		KMVSS Article 102. Velocidad de impacto de 50 km/h. Masa de impacto de 950 kg. Un dummy en asiento delantero en lado del impacto (EuroSID).	
China	GB 11551-2014. Velocidad de impacto de 50 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).	GB/T 20913-2007. Velocidad de impacto de 56 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).	GB 20071-2006. Velocidad de impacto de 50 km/h. Masa de impacto de 950 kg. Un dummy en asiento delantero en lado del impacto (ES-2).	
India		AIS-098. Velocidad de impacto de 56 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).	AIS-099. Velocidad de impacto de 50 km/h. Masa de impacto de 950 kg. Un dummy en asiento delantero en lado del impacto (ES-1 o ES-2).	
Japón	Art. 18 Attachment 23. Velocidad de impacto de 50 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).	UN/ECE-R94. Velocidad de impacto de 56 km/h. Dos dummies en los asientos frontales (HIII 50%).	Art. 18 Attachment 24. Velocidad de impacto de 50 km/h. Masa de impacto de 950 kg. Un dummy en asiento delantero en lado del impacto (ES-2).	UN/ECE-R135. Velocidad de impacto de 32 km/h a 75°. Un dummy en asiento delantero en lado del impacto (WS 50%).

En la tabla anterior, cabe observarse que los estándares nacionales chinos, GB, son de carácter obligatorio; mientras que el identificado como GB/T o GBT es un estándar recomendado, aunque no de carácter voluntario. (Chinese Standard Shop, 2018). En dicha tabla se observa también el paralelismo en cuanto a los requerimientos de prueba establecidos en cada reglamento nacional, tanto en términos de las velocidades de impacto como de la cantidad, tipo y ubicación de los maniquíes o dummies dentro del vehículo. Es relevante apreciar también que algunos países como Australia y Japón establecen como reglamento alterno aquéllos desarrollados por las Naciones Unidas (UN/ECE).

La Tabla 3.2 resume las reglamentaciones internacionales con que cuentan algunos países. A través de éstas, se pretende incidir sobre el diseño de los vehículos utilizados en sus territorios, de manera que protejan a sus ocupantes ante impactos o choques posterior, que ofrezcan protección contra elementos del interior del vehículo y que proporcionen resistencia del toldo del vehículo ante eventos como el vuelco.

Tabla 3.2 Reglamentaciones internacionales que impulsan la seguridad para los ocupantes de los vehículos de motor ante choque posterior, impacto con elementos en el interior del vehículo y posible vuelco

País	Impacto Posterior	Elementos interiores	Toldo	
			Aplastamiento	Vuelco
Australia				ADR 59/00
Corea del Sur	KMVSS Articles 91, 99.	KMVSS Articles 88, 98, 100, 101.	KMVSS Article 92.	
China	GB/T 20072-2006	GB 11552-2009.	GB 26134-2010.	GB 28373-2012.
EUA		FMVSS 201		
India	AIS-101			
Japón	Art. 18 Attachment 34.			

3.2 Protección a peatones

La protección a ocupantes, así como la protección de otros usuarios vulnerables que utilizan la infraestructura carretera, debiera ser tema relevante en cualquier esquema reglamentario de seguridad en vehículos de motor. La aparición del primer vehículo automotor en la infraestructura rural y citadina primero creó asombro entre los transeúntes. Sin embargo, después creó miedo, frustración y enojo a medida que la cantidad de vehículos se incrementó en vialidades ancestralmente ocupadas por personas desplazándose a pie, cabalgando sobre equinos y utilizando tanto bicicletas como vehículos de tracción animal. La animadversión hacia los vehículos automotores se debió a la creciente interacción, normalmente fatídica, entre éstos y los peatones que compartían las cada vez más agitadas calles de una ciudad. La mayoría de las veces los perjudicados fueron el peatón y el ciclista. De hecho, los primeros peatones que recurrentemente fueron víctimas por atropellamiento correspondieron a los menores de edad, particularmente niños y niñas que solían estar acostumbrados a jugar libremente y sin mayores preocupaciones en las calles, cuidándose acaso de aquellos vehículos de tracción animal de muy baja velocidad. En la Figura 3.12 se puede observar la interacción inevitable entre los diferentes

actores precursores de accidentes viales compartiendo una vialidad común a comienzos del siglo XX.



Fuente: Imagen extraída del Video Chrysler Years of Progress – 1924 – 1941, disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=2SBNoikKuMI>

Figura 3.12 Interacción en vialidad común de carruaje, vehículo automotor, bicicleta y peatones

Adicionalmente, fue conocido el incremento exponencial de víctimas mortales y lesionados que, durante la primera mitad del siglo XX, trajo la aparición masiva de vehículos automotores, primero de baja y, posteriormente, de alta velocidad. La disparidad e incompatibilidad de masas y diseño entre un vehículo automotor y un ser humano, fueron evidentes y, los resultados de su interacción, lamentablemente predecibles.

La comprensión y preocupación por el tema de la seguridad a peatones y usuarios vulnerables que han hecho uso de calles y caminos, generó la creación de reglamentaciones y regulaciones que pudieran controlar y limitar la velocidad de los vehículos, establecer reglas de tránsito (tanto para automovilistas como para peatones) e incidir en el diseño del exterior del vehículo. Esto último, como medida preventiva para que la interacción de un vehículo automotor contra un peatón o usuario vulnerable, produjera menores o no tan severas lesiones en el elemento más vulnerable: el cuerpo humano. Desafortunadamente, estos esquemas reglamentarios comenzaron a surgir a finales de la década de 1960. Actualmente, de manera desafortunada, varios países (incluso desarrollados) aún no cuentan con reglamentos o normas que velen por la seguridad de peatones en caso de impacto contra los vehículos automotores.

El aumento cada vez más preocupante de peatones y usuarios vulnerables —ciclistas y motociclistas— lesionados o muertos, incluso en los países desarrollados, está originando que el problema no sólo se ataque a través de la creación de reglamentaciones que contemplen elementos o sistemas asociados a la seguridad pasiva, sino también a la seguridad activa. Los primeros se enfocan en cuanto al diseño del exterior del vehículo, particularmente aquellas zonas del vehículo proclives a interactuar con peatones, ciclistas y motociclistas, es decir, el frente del vehículo, que usualmente corresponde a interacciones desarrolladas a baja y media velocidad. Los segundos, elementos o sistemas asociados a la

seguridad activa, intentan proteger a estos usuarios de interacciones tanto con la parte frontal del vehículo como de la parte posterior, principalmente procurando evitar la colisión o atropellamiento. Este último rubro hace uso del desarrollo e innovación tecnológica en materia de seguridad activa emprendido por la industria automotriz y entidades de investigación, preocupadas por el tema de la seguridad y protección a peatones.

La Tabla 3.3 resume las reglamentaciones internacionales que pretenden incidir en la protección a los peatones y a los usuarios vulnerables que utilizan la infraestructura carretera, propensos a interactuar con los vehículos de motor.

Tabla 3.3 Reglamentaciones internacionales que impulsan la seguridad para peatones en caso de choque contra un vehículo de motor

País	Reglamento o estándar	Tema normado
Australia	AS 4876.1-2002	Sistemas de protección frontal de vehículos de motor — Protección a los usuarios de carreteras
Corea del Sur	KMVSS Article 102-2	Protección (cabeza, pierna superior y pierna inferior) al peatón (adulto y niño)
China	GB/T 24550-2009	Protección (cabeza, pierna superior y pierna inferior) al peatón (adulto y niño)
EUA	FMVSS 111	Dispositivos y sistemas de visibilidad posterior (cámara para visión trasera)
	FMVSS 131	Dispositivos de seguridad instalados en autobuses escolares para protección de peatones
Europa	(EC) No 78/2009	Protección (cabeza, pierna superior y pierna inferior) de los peatones (adulto, adulto pequeño y niño) y otros usuarios vulnerables de la vía pública (sistemas de asistencia en la frenada)
	(EC) No 631/2009	Protección (cabeza, pierna, muslo y cadera) de los peatones (adulto, adulto pequeño y niño) y otros usuarios vulnerables de la vía pública (sistemas de asistencia en la frenada)
India	AIS-100	Requerimientos para la protección (cabeza, pierna superior y pierna inferior) de peatones (adulto y niño) y otros usuarios vulnerables en el evento de colisionar contra un vehículo de motor.
Japón	Art. 18 Attachment 99	Estándar técnico para la protección de las cabezas de los peatones
Naciones Unidas	UN/ECE-R127	Desempeño para la seguridad del peatón
	GTR No. 9	Seguridad del peatón

Aunque EUA es un productor y consumidor importante de vehículos de motor, su reglamentación o proceso de autocertificación tardó en establecer un reglamento o estándar que definiera los requerimientos para velar por la seguridad de peatones o de usuarios vulnerables de la infraestructura carretera, en caso de impacto frontal o posterior contra vehículos de motor. Lo anterior, a pesar de que durante la década de 1980 se desarrollaron activamente, a través de la NHTSA, métodos de prueba de choque de vehículos para evaluar la protección a peatones. Más aún, se preparó una propuesta de reglamentación, la cual quedó suspendida en 1992. EUA volvió a involucrarse en este tema a través de su contribución y participación como miembro activo del Grupo de Trabajo para la Armonización de Actividades de Investigación Internacional sobre la Seguridad a Peatones, IHRA PS (*International Harmonised Research Activities Pedestrian Safety Working Group*) (McLean, 2005). No es sino a partir de mayo del 2018, que se hizo obligatoria la presencia de equipos o sistemas

que muestren al conductor una imagen del entorno posterior en todos los vehículos nuevos comercializados en los EUA. Esto, con el propósito de evitar víctimas por atropellamiento cuando el vehículo se desplaza en reversa, según quedó establecido en la sección S6.2(b) del estándar FMVSS 111.

3.3 Resumen de pruebas de choque para protección a ocupantes: Reglamentación obligatoria vs Protocolos NCAP

En las Tablas 3.4 a 3.11 se resumen tanto las pruebas de choque implementadas a través de la reglamentación oficial establecida en diferentes países, como las pruebas de choque realizadas por los organismos NCAP que evalúan el nivel de seguridad de los vehículos nuevos en esos mismos países. En estas tablas se puede observar que, generalmente, los protocolos de prueba realizados por los NCAP son más exigentes o demandantes que aquellos correspondientes a la reglamentación nacional obligatoria. Las exigencias se observan principalmente en las magnitudes mayores de las velocidades de impacto, en la mayor cantidad y tipo de maniqués instalados en el vehículo para evaluar el nivel de protección a los ocupantes, tanto adultos como niños, y en la mayor masa de impacto del objeto colisionante, cuando se trata de las pruebas de impacto lateral de barreras móviles.

Otra situación que se observa en estas tablas es que varios países han establecido como obligatorias, en sus respectivas legislaciones, las reglamentaciones emanadas de las Naciones Unidas, específicamente las desarrolladas inicialmente por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa —UNECE R o UN/ECE-R o UN R—. También se aprecia que ni todos los países tienen establecido en su reglamentación oficial las pruebas realizadas por sus correspondientes organismos NCAP, ni todos los organismos NCAP ejecutan pruebas de choque similares a las establecidas en las reglamentaciones obligatorias respectivas. Es evidente que todos los organismos NCAP mostrados en este apartado ejecutan protocolos de prueba cuando menos equivalentes a los señalados en sus legislaciones correspondientes, salvo el caso de la prueba de choque lateral de barrera rígida móvil establecida en la legislación de los EUA a través del estándar FMVSS 208 apartado S8.2 (ver Tabla 3.6) y de la prueba de choque lateral contra poste rígido establecida en la recientemente lanzada legislación japonesa (ver Tabla 3.9). En todo caso, la existencia necesaria de uno u otro esquema de prueba obliga directamente, o estimula indirectamente, a los fabricantes de autos a diseñar y fabricar vehículos más seguros, tanto para ocupantes como para peatones, ciclistas y motociclistas.

Tabla 3.4 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. AUSTRALIA

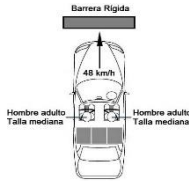
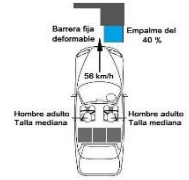
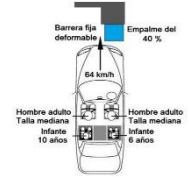
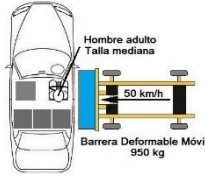
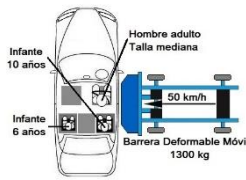
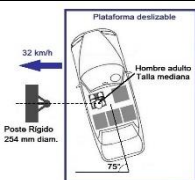
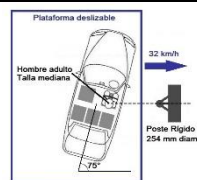
AUSTRALIA		
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria ADR o adherido a UN/ECE-R	Protocolos ANCAP
Frontal completo 100% de empalme	 48 km/h ADR 69/00. 48 km/h Dos maniquíes	 50 km/h Dos maniquíes
Frontal parcial 40% de empalme	 56 km/h ADR 73/00 o UN/ECE-R94. 56 km/h Dos maniquíes	 64 km/h Cuatro maniquíes
Lateral contra Barrera Deformable Móvil, MDB	 50 km/h ADR 72/00 o UN/ECE-R95. 50 km/h @ 950 kg Un maniquí	 50 km/h 50 km/h @ 1300 kg Tres maniquíes
Lateral contra poste rígido	 32 km/h ADR 85/00 o UN/ECE-R135. 32 km/h Un maniquí	 32 km/h 32 km/h Un maniquí

Tabla 3.5 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. EUROPA

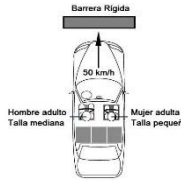
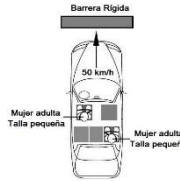
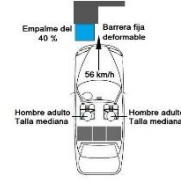
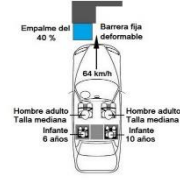
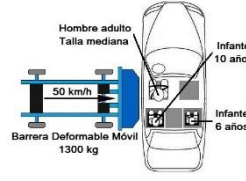
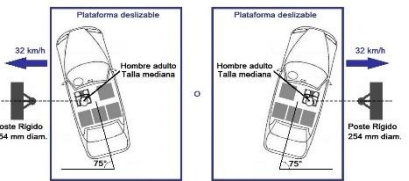
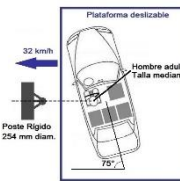
EUROPA		
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria UN/ECE-R	Protocolos Euro NCAP
Frontal completo 100% de empalme	 UN/ECE-R137. 50 km/h Dos maniquíes	 50 km/h Dos maniquíes
Frontal parcial 40% de empalme	 UN/ECE-R94. 56 km/h Dos maniquíes	 64 km/h Cuatro maniquíes
Lateral contra Barrera Deformable Móvil, MDB	 UN/ECE-R95. 50 km/h @ 950 kg Un maniquí	 50 km/h @ 1300 kg Tres maniquíes
Lateral contra poste rígido	 UN/ECE-R135. 32 km/h Un maniquí	 32 km/h Un maniquí

Tabla 3.6 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. EUA

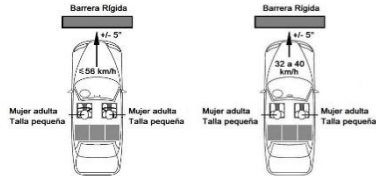
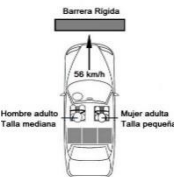
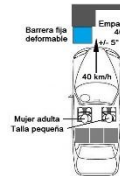
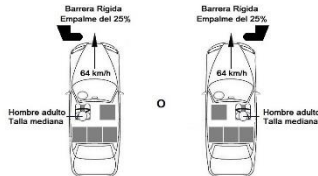
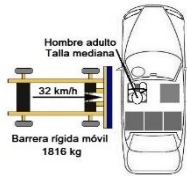
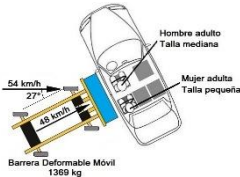
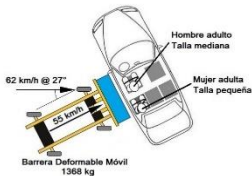
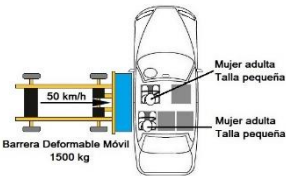
ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA			
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria FMVSS	Protocolos NCAP	
		US NCAP (NHTSA)	IIHS
Frontal completo 100% de empalme	 FMVSS 208, S16.1(a) y S16.1(b). ≤ 56 km/h, y 32 a 40 km/h, inclusive Dos maniquíes	 56 km/h Dos maniquíes	
Frontal parcial 40% de empalme	 FMVSS 208, S17 y S18. 40 km/h. Dos maniquíes		 64 km/h. Un maniquí
Frontal parcial 25% de empalme			 64 km/h. Un maniquí
Lateral contra Barrera Rígida	 FMVSS 208, S8.2 32 km/h @ 1816 kg. Un maniquí		
Lateral contra Barrera Deformable Móvil, MDB	 FMVSS 214, S7 y S8 54 km/h @ 27° @ 1369 kg. Dos maniquíes	 62 km/h @ 27° @ 1368 kg. Dos maniquíes	 50 km/h @ 90° @ 1500 kg. Dos maniquíes

Tabla 3.7 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. EUA (continuación)

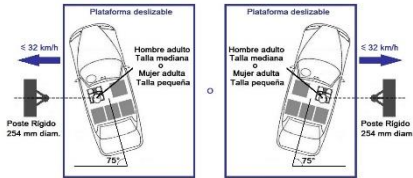
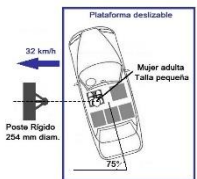
ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA			
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria FMVSS	Protocolos NCAP	
		US NCAP (NHTSA)	IIHS
Lateral contra poste rígido	 FMVSS 214, S9 y S10 ≤ 32 km/h. Un maniquí	 32 km/h. Un maniquí	

Tabla 3.8 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. COREA DEL SUR

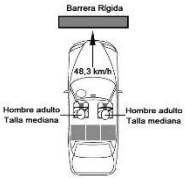
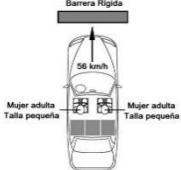
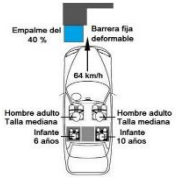
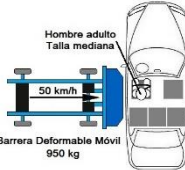
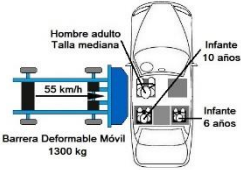
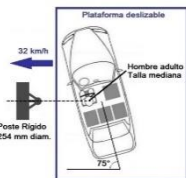
COREA DEL SUR		
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria KMVSS	Protocolos KNCAP
Frontal completo 100% de empalme	 KMVSS Art. 102. 48,3 km/h Dos maniquíes	 56 km/h Dos maniquíes
Frontal parcial 40% de empalme		 64 km/h. Cuatro maniquíes
Lateral contra Barrera Deformable Móvil, MDB	 KMVSS Art. 102. 50 km/h @ 950 kg. Un maniquí.	 55 km/h @ 1300 kg Tres maniquíes
Lateral contra poste rígido		 32 km/h. Un maniquí

Tabla 3.9 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. JAPÓN

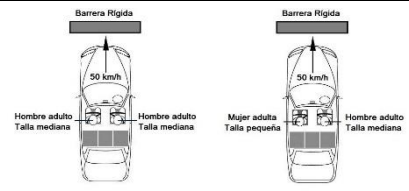
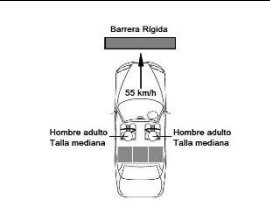
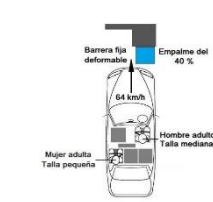
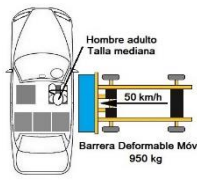
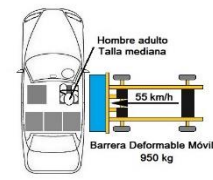
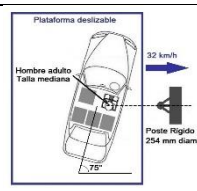
JAPÓN		
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria Japonesa o adherido a UN/ECE-R	Protocolos JNCAP
Frontal completo 100% de empalme	 Art. 18 Attachment 23 o UN/ECE-R137. 50 km/h. Dos maniquíes	 55 km/h. Dos maniquíes
Frontal parcial 40% de empalme	 UN/ECE-R94. 56 km/h. Dos maniquíes	 64 km/h. Dos maniquíes
Lateral contra Barrera Deformable Móvil, MDB	 Art. 18 Attachment 24 o UN/ECE-R95. 50 km/h @ 950 kg. Un maniquí	 55 km/h @ 950 kg. Un maniquí
Lateral contra poste rígido	 UN/ECE-R135. 32 km/h @ 75°. Un maniquí	

Tabla 3.10 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. CHINA

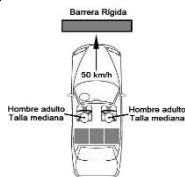
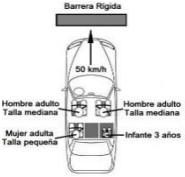
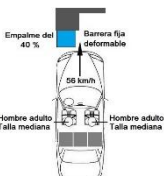
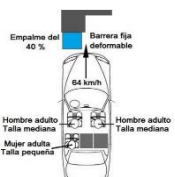
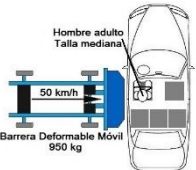
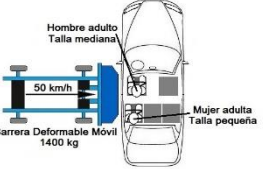
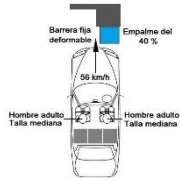
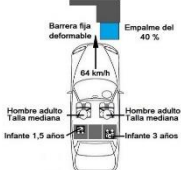
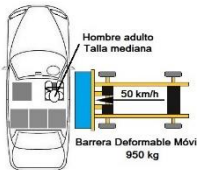
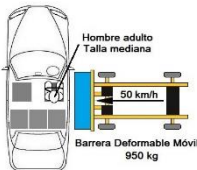
CHINA		
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria	Protocolos C-NCAP
Frontal completo 100% de empalme	 GB 11551-2014. 50 km/h. Dos maniquíes	 50 km/h. Cuatro maniquíes
Frontal parcial 40% de empalme	 GB/T 20913-2007. 56 km/h. Dos maniquíes	 64 km/h. Tres maniquíes
Lateral contra Barrera Deformable Móvil, MDB	 GB 20071-2006. 50 km/h @ 950 kg. Un maniquí	 50 km/h @ 1400 kg. Dos maniquíes

Tabla 3.11 Comparación entre reglamentaciones obligatorias y protocolos desarrollados por NCAP. INDIA

INDIA		
Tipo de impacto	Reglamentación Obligatoria AIS	Protocolos GLOBAL NCAP #safercarsforindia
Frontal parcial 40% de empalme	 AIS-098. 56 km/h. Dos maniquíes	 64 km/h. Cuatro maniquíes
Lateral contra Barrera Deformable Móvil, MDB	 AIS-099. 50 km/h @ 950 kg Un maniquí	 50 km/h @ 950 kg. Un maniquí

Conclusiones

Los protocolos de prueba utilizados por los Programas de Evaluación de Autos Nuevos (NCAP—New Car Assessment Program) evalúan y califican la seguridad de los vehículos automotores esencialmente en cuatro rubros. El primero y más relevante corresponde al nivel de protección para los ocupantes del vehículo —adultos y niños— ante eventos de colisión. El segundo corresponde al nivel de protección para usuarios vulnerables, que son usuarios de la infraestructura vial —peatones, ciclistas y motociclistas— y que pudieran ser golpeados o arrollados por un vehículo automotor. El tercero corresponde a la valoración del desempeño de sistemas de seguridad que asisten al conductor al evitar accidentes o mitigar sus consecuencias. Y, finalmente, algunos NCAP también evalúan y califican el desempeño de los sistemas de retención infantil. La protección a ocupantes —adultos o niños— se evalúa a través del nivel de daño registrado por diferentes sensores instalados dentro de los dummies que son colocados en diversas posiciones y configuraciones en el interior del vehículo. Los eventos de colisión se llevan a cabo bajo diferentes condiciones de velocidad, de ángulos de impacto, de elementos de impacto y de tipo de colisión. Esta última puede ser frontal —completa o parcial—, lateral y emulaciones de choque posterior y vuelco —aplastamiento del toldo—. La valoración del nivel de protección a usuarios vulnerables, principalmente peatones, se realiza por medio de dispositivos instrumentados que pretenden emular piernas y cabezas, tanto de adultos como de niños, las cuales son impactadas hacia la parte delantera del vehículo a velocidades y ángulos específicos. Los sistemas de seguridad que asisten al conductor y que son evaluados por los diversos NCAP son variados y complejos, entre los cuales están los frenos antibloqueo, el control electrónico de estabilidad, el frenado autónomo de emergencia, la advertencia de abandono de carril, la advertencia de colisión frontal o colisión en reversa, el de aviso de uso de cinturón de seguridad y otros más que emplean acrónimos específicos para su identificación.

Desde que el automóvil fue concebido y construido, conformando lo que sería una de las más poderosas industrias en el mundo, se crearon estándares que permitieron la intercambiabilidad y sustitución de piezas, así como la uniformización de características y especificaciones de construcción y ensamble. No obstante, los estándares, reglamentaciones o normas dirigidas hacia la seguridad vehicular tardaron más de cincuenta años en aceptarse y tener un carácter de obligatoriedad.

La reglamentación y normativa internacional se encuentra polarizada en dos esquemas principales: Uno corresponde a la autocertificación y otro a la certificación o aprobación por tipo. El primero es representativo en el marco legal norteamericano y tiene un carácter reactivo, ya que el fabricante del vehículo simplemente informa al gobierno que cumple con los requerimientos establecidos en la reglamentación

obligatoria; luego entonces puede comercializar su producto. En este marco legal, el gobierno acepta la declaración de conformidad del fabricante y, de acuerdo con los programas y recurso gubernamentales, realiza la verificación mediante pruebas que el propio gobierno financia. Ante discrepancias observadas, entonces “reacciona” para iniciar un proceso de corrección de la falla.

El otro esquema normativo, referido como certificación o aprobación por tipo, es representativo tanto de la Unión Europea como de la reglamentación promovida por la Organización de las Naciones Unidas. Dicho esquema normativo tiene un carácter preventivo, ya que para que un determinado modelo de vehículo automotor pueda comercializarse, el fabricante debe primero demostrar que cumple con los requerimientos normativos obligatorios. Esto lo hace por medio del certificado o certificados de aprobación correspondientes, realizados por una entidad certificadora o laboratorios acreditados, reconocidos e independientes del fabricante del vehículo. El gobierno simplemente verifica la validez y vigencia de la certificación entregada por el fabricante, quien es el que eroga los costos involucrados de pruebas y certificaciones. Una vez validada y aceptada la certificación, el modelo de vehículo en particular podrá ser comercializado. Adicionalmente, este esquema de certificación obliga a que durante el tiempo de manufactura y comercialización del modelo del vehículo certificado, se deben realizar regularmente evaluaciones de la conformidad de la producción. Este esquema de certificación evita, en principio, que un determinado modelo de vehículo automotor con deficiencias o riesgos, puedan llegar al consumidor. Países como Canadá, Australia, Japón, China o Corea, utilizan en sus marcos legales en materia de seguridad vehicular, uno, otro o ambos esquemas normativos mencionados, que abarcan prácticamente la totalidad del vehículo, sean como elemento independiente o como un sistema en general.

La reglamentación internacional en materia de seguridad vehicular, en particular en los rubros de protección a ocupantes de vehículos y de peatones, encuentra su fundamento en la intención de reducir la cantidad de víctimas mortales y lesionados originados por accidentes de tránsito. Dentro del marco del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, el tercer pilar de cinco, sustenta acciones que deben realizarse para lograr vehículos más seguros en los diferentes países y regiones del mundo. Entre esas acciones se encuentra la creación de reglamentación que promueva la fabricación de vehículos automotores seguros para los usuarios y para el entorno. Dado que esto es usualmente un proceso extenso y costoso, el Plan del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 recomienda la adopción de la reglamentación desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas en materia vehicular. Adicionalmente, el mismo plan sugiere la creación de organismos independientes que informen al consumidor, de una manera directa y transparente, el nivel de seguridad de los vehículos automotores, tales como el NCAP.

Aunque los protocolos de prueba sustentados por la reglamentación obligatoria y por las pruebas ejecutadas por las NCAP son similares en cuanto a tipos de impacto o choque, los parámetros son ligeramente diferentes, observándose que aquellos ejecutados por los NCAP son más exigentes que aquellos ejecutados con base en los protocolos de las reglamentaciones obligatorias.

A través de una reglamentación de observancia obligatoria o de carácter voluntario, prácticamente todos los países económica y tecnológicamente desarrollados cuentan con reglamentación que promueve el diseño, fabricación e importación de vehículos seguros que serán comercializados en sus respectivos territorios. Sin embargo, ésta no es una práctica común en países con economías en desarrollo, incluyendo México. Por ello, es importante realizar esfuerzos adicionales en materia de reglamentación, a fin de conseguir que vehículos más seguros sean comercializados en el país. Adicionalmente, también es fundamental crear una cultura de la información apoyada en los resultados del desempeño de los vehículos comercializados nacionalmente y que han sido evaluados por el organismo independiente Latin NCAP, no sólo para orientar decisiones de compra, sino también para exigir a la industria automotriz la comercialización de vehículos más seguros en México.

Referencias

ABTO PEBIO. (2018). *ARCAP*. Obtenido de TODAS LAS PRUEBAS DE CHOQUE AUTOREVIEW: <https://autoreview.ru/arcap>

ANCAP-Test & Assessment Protocols. (2018). ANCAP SAFETY. Obtenido de <https://www.ancap.com.au/technical-protocols-and-policies>

ASEAN NCAP - 2017-2020 Protocols. (2018). *2017-2020 Protocols*. Obtenido de http://www.aseancap.org/v2/?page_id=2968

ASEAN NCAP - COP. (February de 2018). *ASSESSMENT PROTOCOL – CHILD OCCUPANT PROTECTION Version 1.4*. Obtenido de <http://www.aseancap.org/v2/wp-content/uploads/2018/02/ASEAN-NCAP-Child-Occupant-Protection-Assessment-Protocol-1.4-FINAL1.pdf>

ASEAN NCAP - FRONTAL IMPACT. (January de 2017). *TESTING PROTOCOL - FRONTAL IMPACT Version 2.1*. Obtenido de <http://themepixel.com.my/aseancap/wp-content/uploads/2017/05/ASEAN-NCAP-Frontal-Impact-Testing-Protocol-Version-2.1-FINAL.pdf>

ASEAN NCAP - SAFETY ASSIST. (January de 2017). *ASSESSMENT PROTOCOL - SAFETY ASSIST Version 1.0*. Obtenido de <http://themepixel.com.my/aseancap/wp-content/uploads/2017/05/ASEAN-NCAP-Assessment-Protocol-Safety-Assist-FINAL.pdf>

ASEAN NCAP - SIDE IMPACT. (January de 2017). *SIDE IMPACT TESTING PROTOCOL Version 1.0*. Obtenido de <http://themepixel.com.my/aseancap/wp-content/uploads/2017/05/ASEAN-NCAP-Side-Impact-Testing-Protocol-Version-1.0-FINAL.pdf>

Australian Government - Department of Infrastructure, Regional Development and Cities - Australian Rules. (2018). *Australian Rules*. Obtenido de <https://infrastructure.gov.au/vehicles/design/>

Australian Government - Department of Infrastructure, Regional Development and Cities - Third Edition ADR. (2018). *Third Edition Australian Design Rules*. Obtenido de https://infrastructure.gov.au/vehicles/design/adr_online.aspx

carhs. (2013). Introduction to Passive Safety of Vehicles. Landsberg, Alemania: Safetywissen/carhs.training gmbh. Obtenido de www.carhs.de

- Chinese Standard Shop. (2018). Obtenido de <https://www.chinesestandard.net/Default.aspx>
- C-NCAP Official Website. (2018). *Management rules*. Obtenido de C-NCAP 2018 Management Regulation official V1: <http://www.c-ncap.org/cms/files/cncap-regulation-2018-en.pdf>
- Eastman, J. W. (1984). *STYLING vs. SAFETY. The American Automobile Industry and the Development of Automotive Safety, 1900-1966*. Lanham, Maryland, USA: University Press of America, Inc. Obtenido de <http://mvhap.org/mvhappdfs/styling.vs.safety.noteworthy.pdf>
- EUR-Lex Access to European Union Law. Motor vehicle search. (2018). *Search for: motor vehicle, Search language: English, Subdomain: Legal acts*. Obtenido de https://eur-lex.europa.eu/search.html?lang=en&text=motor+vehicle&qid=1549995698537&type=quick&scope=EURLEX&sortOne=DD&sortOneOrder=asc&sortOneOrder=desc&DTS_SUBDOM=LEGISLATION
- EURO NCAP. FOR SAFER CARS. (2011). *POLE SIDE IMPACT TESTING PROTOCOL Version 5.2 November 2011*. Obtenido de http://www.vdrsyst.com/ancap_datasheets/xprotocol_archive/EuroNCAP/Euro-NCAP-Pole-Protocol-Version-5.2.pdf
- Euro NCAP. FOR SAFER CARS. PROTOCOLS. (2018). *PROTOCOLS*. Obtenido de <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/protocols/>
- Euro NCAP. VRU. (2018). *Vulnerable Road User (VRU) Protection*. Obtenido de <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/>
- Federal Highway Administration. (1997). *State Motor Vehicle Registrations, by years, 1900 - 1995*. doi:<https://www.fhwa.dot.gov/ohim/summary/mv200.pdf>
- Gobierno de los EUA e-CFR. (2018). *Electronic Code of Federal Regulations*. Obtenido de <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/ECFR?page=browse>
- Government of Canada - Justice Laws Website - C.R.C., c. 1038. (2018). *Motor Vehicle Safety Regulations (C.R.C., c. 1038)*. Obtenido de https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.,_c._1038/page-12.html#h-34
- Government of Canada - Justice Laws Website - SOR/2013-198. (2018). *Motor Vehicle Tire Safety Regulations (SOR/2013-198)*. Obtenido de <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2013-198/>
- Government of Canada - Justice Laws Website - SOR-2010-90. (2018). *Motor Vehicle Restraint Systems and Booster Seats Safety Regulations*

- (SOR/2010-90). Obtenido de <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2010-90/>
- Government of Canada - Motor Vehicle Restraint Systems and Booster Seats Safety Regulations (SOR/2010-90). (2018). *Motor Vehicle Restraint Systems and Booster Seats Safety Regulations (SOR/2010-90)*. Obtenido de <https://www.tc.gc.ca/eng/acts-regulations/regulations-sor2010-90.htm>
- Government of Canada - Motor Vehicle Safety Regulations (C.R.C., c. 1038). (2018). *Motor Vehicle Safety Regulations (C.R.C., c. 1038)*. Obtenido de <https://www.tc.gc.ca/eng/acts-regulations/regulations-crc-c1038.htm>
- Government of Canada - Motor Vehicle Tire Safety Regulations (SOR/2013-198). (2018). *Motor Vehicle Tire Safety Regulations (SOR/2013-198)*. Obtenido de <https://www.tc.gc.ca/eng/acts-regulations/regulations-sor2013-198.html>
- GOVINFO.GOV 571.208. (2018). *Electronic Code of Federal Regulations*. Obtenido de Title 49 → Subtitle B → Chapter V → Part 571 → Subpart B → §571.208: https://gov.ecfr.io/cgi-bin/text-idx?SID=a09e11381216c509b8abe6c89c96b369&mc=true&node=se49.6.571_1208&rgn=div8
- GOVINFO.GOV 571.214. (2018). *Electronic Code of Federal Regulations*. Obtenido de Title 49 → Subtitle B → Chapter V → Part 571 → Subpart B → §571.214: https://gov.ecfr.io/cgi-bin/text-idx?SID=ab83f557dd52a7d3eddbcc3ccb8f49e6&mc=true&node=se49.6.571_1214&rgn=div8
- Hershman, L. L. (2001). *THE U.S. NEW CAR ASSESSMENT PROGRAM (NCAP): PAST, PRESENT AND FUTURE*. Obtenido de <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv17/Proceed/00245.pdf>
- Hoffmann, R., & Reuter, R. (2018). *Safety Companion 2018*. Obtenido de SafetyWissen. CARHS Empowering Engineers. CARHS.Training gmbh: <https://www.carhs.de/en/safety-companion-overview.html>
- Insurance Institute for Highway Safety-Highway Loss Data Institute, IIHS-HLDI. (2018). Test protocols and technical information. USA. Obtenido de <https://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>
- JNCAP-NASVA-Advanced Safety Vehicle (ASV) Technology Put to Practical Use. (2018). *Advanced Safety Vehicle (ASV) Technology Put to Practical Use*. Obtenido de http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/assessment_car/asv.html
- JNCAP-NASVA-Braking Performance Tests. (2018). *Braking Performance Tests*. Obtenido de http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/assessment_car/brake_test.html

JNCAP-NASVA-Child Seat Assessment. (2018). *Child Seat Assessment*. Obtenido de http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/assessment_child/use_test.html

JNCAP-NASVA-TESTING METHODS. (2018). *TESTING METHODS DOWNLOAD*. Obtenido de http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/download/other_download.html

JNCAP-PREVENTIVE SAFETY PERFORMANCE ASSESSMENT. (2018). *Technologies to avoid crashes*. Obtenido de http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/en/JNCAP_2018.3_panf_active_en.pdf

KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 11. (2018). *2017-01-04 Korean new car testing and assessment protocols about the crash safety*. Obtenido de CHILD OCCUPANT PROTECTION TESTING & ASSESSMENT PROTOCOL(Attachment_11): <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 2. (2018). *2017-01-04 Korean new car testing and assessment protocols about the crash safety*. Obtenido de FULL WIDTH FRONTAL IMPACT TESTING & ASSESSMENT PROTOCOL(Attachment_2).pdf: <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 3. (2018). *2017-01-04 Korean new car testing and assessment protocols about the crash safety*. Obtenido de SIDE IMPACT TESTING & ASSESSMENT PROTOCOL(Attachment_3): <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 8. (2018). *2017-01-04 Korean new car testing and assessment protocols about the crash safety*. Obtenido de OFFSET DEFORMABLE BARRIER FRONTAL IMPACT TESTING & ASSESSMENT PROTOCOL(Attachment_8): <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Archive Board - Download - Attachment 9. (2018). *2017-01-04 Korean new car testing and assessment protocols about the crash safety*. Obtenido de OBLIQUE POLE SIDE IMPACT TESTING & ASSESSMENT PROTOCOL(Attachment_9): <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Safety Ratings. (2018). Obtenido de <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Test Explained - Crash Safety - Offset Frontal Impact Safety. (2018). *Offset frontal crash safety assessment test (moderate overlap crash test)*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Test Explained - Crash Safety - Side Impact Safety. (2018). *Side crash safety assessment test*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>

KNCAP - Test Explained - Crash Safety - Side pole crash safety. (2018). *Side pole crash safety assessment test*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>

- KNCAP - Test Explained - Crash Safety - Whiplash. (2018). *Whiplash assessment test*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>
- KNCAP - Test Explained - Crash Safety. (2018). *Full Frontal Crash Test*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>
- KNCAP - Test Explained - Rollover & Brake Safety. (2018). *Brake System Assessment Test*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>
- KNCAP - Test Explained - Rollover & Brake Safety. (2018). *Rollover safety assessment test*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>
- KNCAP - Test Explained - Safety Assist. (2018). *Crash Avoidance (Device) Assessment Test*. Obtenido de <http://www.kncap.org/>
- LATIN NCAP PARA AUTOS MAS SEGUROS. NUESTROS ENSAYOS. PASAJERO ADULTO. (2018). *IMPACTO FRONTAL, IMPACTO LATERAL, IMPACTO LATERAL DE POSTE*. Obtenido de <https://www.latinncap.com/es/nuestros-ensayos/pasajero-adulto>
- LATIN NCAP. PARA AUTOS MAS SEGUROS. NUESTROS ENSAYOS. PASAJERO ADULTO. (2016). *PROTOCOLOS*. Obtenido de ASSESSMENT PROTOCOL – ADULT OCCUPANT PROTECTION 2016 VERSION 3.2 OCTOBER 2016: http://www.latinncap.com/data/descargas/Latin%20NCAP%20Adult%20Assessment%20Protocol%20v3_2%20Nov%202016%20front%20and%20side.pdf
- LATIN NCAP. PARA AUTOS MAS SEGUROS. RESULTADOS. (2018). *RESULTADOS*. Obtenido de <https://www.latinncap.com/es/resultados>
- McLean, A. (2005). *Vehicle design for pedestrian protection*. The University of Adelaide, Centre for Automotive Safety Research, Sydney, Australia. Obtenido de <http://casr.adelaide.edu.au/publications/researchreports/CASR037.pdf>
- Naciones Unidas - Colección de Tratados. (2018). *Definiciones*. Obtenido de Definiciones de términos fundamentales en la Colección de Tratados de las Naciones Unidas: <http://www.un.org/es/treaty/untc.shtml>
- NASVA. NATIONAL AGENCY FOR AUTOMOTIVE SAFETY & VICTIMS' AID. (2018). *Collision Safety Performance Tests*. Obtenido de Testing Methods: http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/assessment_car/crackup_test.html
- NHTSA-Driver Assistance Technologies. (2018). *Driver Assistance Technologies. National Highway Traffic Safety Administration. United States Department of Transportation*. Washington, DC, USA. Obtenido de <https://www.nhtsa.gov/equipment/driver-assistance-technologies>

NHTSA-Ratings. (2018). Ratings. More stars mean safer cars. *National Highway Traffic Safety Administration. United States Department of Transportation*. Washington, DC, USA. Obtenido de <https://www.nhtsa.gov/ratings>

Tenney, E. A. (1962). *The Highway Jungle: The Story of the Public Safety Movement and of the Failure of "Driver Education" in the Public Schools*. New York: Exposition Press Inc. Obtenido de <https://archive.org/stream/highwayjunglesto00tennrich#mode/2up>

U.S. Department of Transportation. (oct de 2007). *Motor Vehicle Traffic Fatalities, 1900 - 2007*. Washington, DC: Federal Highway Administration. Recuperado el Septiembre de 2018, de <https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2007/pdf/fi200.pdf>

UNECE. (2018). *The World Forum for the harmonization of vehicle regulations (WP.29)*. Obtenido de https://www.unece.org/trans/main/wp29/presentation_wp29.html

Unión Europea - europa.eu - Derecho de la UE. (2018). *Derecho de la UE*. Obtenido de https://europa.eu/european-union/law_es

Unión Europea - europa.eu - Reglamentos, directivas y otros actos legislativos. (2018). *Reglamentos, directivas y otros actos legislativos*. Obtenido de https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts_es

UNITED NATIONS. (2019). UNECE. Obtenido de WORLD FORUM FOR HARMONIZATION OF VEHICLE REGULATIONS (WP.29) HOW IT WORKS-HOW TO JOIN IT FOURTH EDITION: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29pub/WP29-BlueBook-4thEdition2019-Web.pdf>

United Nations. Economic and Social Council. ECE/TRANS/WP.29/343/Rev.26. (March de 2018). *Status of the Agreement, of the annexed UN Regulations and of amendments thereto*. Obtenido de <https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29docstts.html>

UNITED NATIONS. REGULATION NO. 95. (February de 2014). *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a lateral collision*. Obtenido de <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R095r2e.pdf>

US DOT - NHTSA. (2018). *PURCHASING WITH SAFETY IN MIND. What to look for when buying a vehicle*. Obtenido de https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13000a-b-purchasingwithsafetyinmind_brochure_042817_v1a_tag.pdf

Vázquez Vega, D. e. (2017). *Revisión de la Normativa sobre los Requerimientos de Seguridad en Automóviles*. Publicación Técnica No. 491, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro. Obtenido de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt491.pdf>



Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado-Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México
CP 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>