

Programa Nacional Cooperativo de Investigación Vial

NCHRP Informe 350

Procedimientos Recomendados para Evaluar el
Desempeño de Seguridad de Dispositivos Viales

Transportation Research Board

Nacional Research Council

PROLOGO DE LOS TRADUCTORES

Realizada por los ingenieros Francisco Sierra y Greg Speier, el propósito de la traducción es facilitar el entendimiento del documento NCHRP 350 y su relación con la seguridad vial. En caso de realizarse un ensayo, siempre debería consultarse la versión original en inglés, incluida totalmente al final de este documento.

En cada caso se buscó usar terminología común en los países de habla hispana; se tradujeron los términos nuevos para facilitar consistentemente el entendimiento del texto original. En el caso de palabras complejas no prestadas a una traducción tecnológica precisa y concisa, como “gating”, se usó el término original en inglés y entre comillas, con una explicación de su significado.

El orden del documento se mantiene igual que en el original; en algunos casos se ubicaron las figuras y tablas en diferentes lugares para promover el mejor entendimiento posible y facilidad de lectura.

Los dibujos del documento original se copiaron del documento en formato pdf y se sobrepusieron las leyendas traducidas en cuadros-de-texto.

El original se publicó en 1993; por lo que las situaciones, procedimientos, y adelantos tecnológicos referidos con anteriores a ese año.

Se espera que esta traducción permita un mejor entendimiento de los procedimientos usados para ensayar un gran número de dispositivos-de-seguridad aplicables a nivel internacional, en los países que permiten su uso.

Las eventuales preguntas o aclaraciones pueden dirigirse a Greg Speier, gspeier@yahoo.com.

El documento puede copiarse y compartirse.

National Cooperative Highway Research Program

Report 350

Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features

H. E. ROSS, JR., D. L. SICKING, and R. A. ZIMMER
Texas Transportation Institute
Texas A&M University System
College Station, Texas
and
J. D. MICHIE
Dynatech Engineering Inc.
San Antonio, Texas

Página copiada del
documento
original

Research Sponsored by the American Association of State
Highway and Transportation Officials in Cooperation with the
Federal Highway Administration

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD
NATIONAL RESEARCH COUNCIL

NATIONAL ACADEMY PRESS
Washington, D.C. 1993

Índice

Índice	5
CAPÍTULO 1	13
1.1 PROPÓSITO Y ALCANCE.....	13
1.2 DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO-DE-SEGURIDAD	14
1.3 METAS DE DESEMPEÑO	15
1.4 LIMITACIONES DE DESEMPEÑO	16
1.5 ORGANIZACIÓN DEL INFORME	16
1.6 ARMONIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMAS DE DESEMPEÑO	17
CAPÍTULO 2	18
2.1 GENERAL	18
2.2 CENTRO DE ENSAYOS.....	18
2.2.1 Suelo.....	18
2.2.2 Estructuras especiales	19
2.3 ARTÍCULO DE ENSAYO	20
2.3.1 General.....	20
2.3.2 Detalles de instalación	20
2.4 VEHÍCULOS DE ENSAYO	22
2.4.1 Descripción de vehículos de ensayo.....	22
2.4.2 Propiedades de masa	26
2.4.3 Propulsión y freno	27
2.4.4 Encauzamiento	28
2.5 OCUPANTES SUSTITUTOS	28
CAPÍTULO 3	30
3.1 GENERAL	30
3.2 MATRICES DE ENSAYOS	31
3.2.1 Barreras longitudinales	31
3.2.2 Terminales y amortiguadores de impacto.....	33
3.2.3 Estructuras de soporte, dispositivos-de-control-de-tránsito en obras, y postes quebradizos de servicios públicos	40
3.2.4 Amortiguadores de impacto montado en camión (TMA)	43
3.2.5 Disposiciones geométricas al costado de la calzada	45
3.3 TOLERANCIAS EN CONDICIONES DE IMPACTO	46
3.3.1 General.....	46
3.3.2 Barreras longitudinales	47
3.3.3 Terminales y amortiguadores de impacto.....	47
3.3.4 Estructuras de apoyo, dispositivos-de-control-de-tránsito de zonas-de-trabajo, y postes quebradizos de servicios públicos	49
3.3.5 Amortiguadores de impacto montados en camión (TMA).....	49
3.4 PUNTO DE IMPACTO PARA DISPOSITIVOS REDIRECTIVOS.....	50

3.4.1	General.....	50
3.4.2	Barreras longitudinales	50
3.4.3	Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos.....	55
3.5	ENSAYOS DE IMPACTOS LATERALES	55
CAPÍTULO 4		58
4.1	PARÁMETROS TÍPICOS	58
4.2	PARÁMETROS PREENSAYO	58
4.2.1	Vehículo de ensayo	58
4.2.2	Artículo de ensayo.....	58
4.3	PARÁMETROS DE ENSAYO	65
4.3.1	General.....	65
4.3.2	Especificaciones de instrumentación electrónica y fotográfica	67
4.3.3	Ubicación de acelerómetro y reducción de datos de vehículos de ensayo 700C, 820C, y 2000P	67
4.4	PARÁMETROS DE POSENSAYO.....	68
4.5	PARÁMETROS ADICIONALES.....	69
CAPÍTULO 5		70
5.1	GENERAL	70
5.2	ADECUACIÓN ESTRUCTURAL	70
5.3	RIESGO DE OCUPANTES	71
5.4	Trayectoria vehicular posimpacto	74
5.5	DISPOSICIONES GEOMÉTRICAS.....	74
CAPÍTULO 6		75
6.1	RECOMENDACIONES GENERALES DE INFORMACIÓN.....	75
6.2	DATOS ELECTRÓNICOS	79
CAPÍTULO 7		80
7.1	PROPÓSITO.....	80
7.2	OBJETIVOS.....	80
7.3	CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE ENSAYO.....	81
7.4	DISCUSIÓN	82

PROGRAMA NACIONAL COOPERATIVO DE INVESTIGACIÓN VIAL

La investigación sistemática y bien diseñada da el método más eficaz para solucionar muchos problemas que enfrentan los administradores e ingenieros viales. A menudo, los problemas viales son de interés local y los pueden estudiar mejor los departamentos viales, individualmente o en cooperación con sus universidades estatales y otros organismos. El crecimiento acelerado del transporte por carreteras desarrolla problemas cada vez más complejos, de gran interés para las autoridades viales. Estos problemas se estudian mejor a través de un programa coordinado de investigación cooperativa.

En reconocimiento a estas necesidades, los administradores de AASHTO iniciaron en 1962 un programa de investigación vial nacional empleando técnicas científicas modernas, apoyado continuamente por fondos de los Estados miembros participantes de la Asociación, y la plena cooperación y apoyo de la FHWA, del Departamento de Transporte de los EUA.

Por la objetividad reconocida de la Junta, y la comprensión de las prácticas de investigación modernas, la Asociación solicitó a la Junta de Investigación del Transporte del Consejo Nacional de Investigación administrar el programa de investigación. La Junta está especialmente preparada para este propósito: mantiene una extensa estructura de comités de la que pueden extraerse autoridades sobre cualquier tema de transporte vial; posee vías de comunicación y cooperación con las autoridades federales, estatales y agencias gubernamentales locales, universidades e industria; su relación con el Consejo Nacional de Investigación es un seguro de objetividad; mantiene un personal de investigación a tiempo completo de especialistas en asunto de transporte vial, para dar directamente los hallazgos de investigación a quienes están en condiciones de usarlos.

El programa se desarrolla sobre la base de las necesidades de investigación identificadas por los administradores principales de los departamentos viales y de transporte, y por los comités de AASHTO. Cada año, áreas específicas de investigación se proponen al Consejo Superior de Investigaciones Científicas y a la Junta de AASHTO para incluir en el programa. La Junta define los proyectos de investigación para satisfacer estas necesidades, y selecciona las agencias de investigación calificadas para presentar propuestas. La administración y seguimiento de los contratos de investigación son responsabilidades del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de la Junta de Investigación del Transporte.

Las necesidades de investigación son muchas, y el Programa Nacional de Investigación Cooperativa Vial puede contribuir significativamente a la solución de los problemas de transporte viales de interés común a muchos grupos responsables. El programa es para complementar, no a sustituir o duplicar otros programas de investigación vial

NCHRP REPORT 350

Project 22-7 FY'89

ISSN 0077-5614

ISBN 0-309-04873-7

L. C. Catalog Card No. 92-61950

Price \$13.00

Areas of Interest:

Bridges, On Road, and Traffic Engineering
Materials and Construction
Safety and Human Performance

Modes:

Highway Transportation

NOTICE

The project that is the subject of this report was a part of the National Cooperative Highway Research Program conducted by the Transportation Research Board with the approval of the Governing Board of the National Research Council. Such approval reflects the Governing Board's judgment that the program concerned is of national importance and appropriate with respect to both the purposes and resources of the National Research Council.

The members of the technical committee selected to monitor this project and to review this report were chosen for recognized scholarly competence and with due consideration for the balance of disciplines appropriate to the project. The opinions and conclusions expressed or implied are those of the research agency that performed the research, and, while they have been accepted as appropriate by the technical committee, they are not necessarily those of the Transportation Research Board, the National Research Council, the American Association of State Highway and Transportation Officials, or the Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.

Each report is reviewed and accepted for publication by the technical committee according to procedures established and monitored by the Transportation Research Board Executive Committee and the Governing Board of the National Research Council.

Published reports of the

NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM

are available from:

Transportation Research Board
National Research Council
2101 Constitution Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20418

Texto copiado
del
documento
original

PRÓLOGO

Por Personal del TRB

Se recomienda este informe a los ingenieros de diseño viales, de puentes, seguridad, mantenimiento, investigadores, desarrolladores de *hardware*, y otro personal interesado por los dispositivos-de-seguridad usadas en el entorno del camino. Contiene procedimientos de investigación recomendados para evaluar el desempeño de varios dispositivos-de-seguridad viales, basados en una revisión exhaustiva de la bibliografía, un análisis del estado de la técnica para evaluar el desempeño (incluidos los procedimientos adoptados por organismos extranjeros), y el consejo de un selecto grupo de reconocidos expertos. Se cree que este informe contribuirá a dar caminos más seguros.

Los sistemas efectivos de barreras de tránsito, tratamientos de terminales, amortiguadores de impacto, dispositivos rompibles o quebradizos, amortiguadores de impacto montados en camión y otros equipos deben usarse para obtener los más altos niveles de seguridad en los caminos. Las agencias estatales, universidades y empresas privadas desarrollaron muchos dispositivos para enfrentar determinados problemas de seguridad vial. Continuamente surgen nuevos sistemas, y los dispositivos y prácticas tradicionales para su uso se mejoran en respuesta a una mayor comprensión del funcionamiento de la seguridad, una flota de vehículos que cambia, la aparición de nuevos materiales, y otros factores. Los ensayos de impacto a escala real fueron y serán el método más común de evaluar el desempeño de seguridad de las barandas, barreras de mediana, barandas de puentes, amortiguadores de impacto, soportes quebradizos, amortiguadores de impacto montados en camión, dispositivos-de-control-de-tránsito de zonas-de-trabajo, y otro *hardware*. Debido a que una serie de organismos en los EUA realiza estos ensayos, es necesario uniformar los procedimientos y criterios usados para evaluar las barreras de tránsito y otros dispositivos-de-seguridad viales. Hay importantes precedentes para promover la armonización internacional de los procedimientos, aprovechar la experiencia pertinente y resultados de investigación de otros países.

Los procedimientos para ensayos de choque de vehículos a escala real contra las barandas se publicaron por primera vez en *Highway Research Correlation Services Circular 482*, 1962. Este documento de una página especifica la masa del vehículo, la velocidad del impacto, y el ángulo de aproximación para los ensayos de choque. Aunque la *Circular 482* uniformó la investigación de las barreras entonces realizada en varias agencias de investigación, varias cuestiones que surgieron no se trataron.

NCHRP Proyecto 22-2 (4) se inició en el Instituto de Investigación del Sudoeste en 1973 para enfrentar las cuestiones no cubiertas en la *Circular 482*. El informe final se publicó como "Procedimientos Recomendados para Ensayos de Choques de Vehículos contra Accesorios Viales," NCHRP 153. Este documento de 16 páginas se basó en datos técnicos de más de 70 personas y organismos, y en extensas deliberaciones de un panel especial ad hoc. Varias partes del documento se basaron en información inadecuada, pero se incluyó la cobertura de estas áreas para dar un conjunto más completo de los procedimientos de ensayo, los cuales ganaron amplia aceptación tras su publicación en 1974, pero en ese momento se reconoció que sería necesaria una actualización periódica. En enero de 1976, el Comité de TRB A2A04 aceptó la responsabilidad de revisar la eficacia de los procedimientos. Los cuestionarios se presentaron a los miembros del comité para identificar áreas del documento que necesitaban revisión. Generalmente, las respuestas cayeron en dos categorías:

1. cambios menores que requieren tratamiento modificado de particulares áreas problemáticas; y
2. cambios importantes que requieren ampliar el ámbito para incluir, por ejemplo, ensayos con camiones y ómnibus, reevaluar los criterios de gravedad del impacto, y tratar accesorios viales especiales, tales como barreras para zonas-de-trabajo.

El comité trató los cambios mediante la acción de un comité especial; y la *Transportation Research Circular 191*, publicada en 1978, fue el producto de este esfuerzo.

En 1979, el Instituto de Investigación del Suroeste inició el Proyecto **NCHRP 22-2 (4)** para abordar los cambios principales. Su objetivo fue examinar, revisar y ampliar el alcance de la Circular 191 para reflejar la tecnología actual. El informe final del proyecto NCHRP 22-2 (4) se publicó en 1980 como *NCHRP Informe 230*, "Procedimientos Recomendados para Evaluar el Desempeño de Seguridad de Accesorios de Seguridad Vial". Este documento de 36 páginas incorporó nuevos procedimientos, actualizó los criterios de evaluación y los procedimientos con la tecnología y prácticas disponibles. El *Informe 230* fue la referencia principal para los ensayos de choque a escala real de accesorios de seguridad vial en los EUA, y en muchas otras partes del mundo.

En 1987, AASHTO reconoció que la evolución de los conceptos de seguridad vial, la tecnología y las prácticas requerían una actualización del *Informe 230*. Las razones incluyen cambios significativos en la flota de vehículos, la aparición de muchos nuevos diseños de barreras, el creciente interés por adecuar el desempeño de seguridad a niveles de uso de la calzada, las nuevas políticas que requieren el uso de cinturones de seguridad, y los avances en simulación por computadora, y otros métodos de evaluación. Se aprobó entonces el Proyecto NCHRP 22-7 para considerar estos factores y preparar la actualización del *Informe 230*.

El equipo de investigación del investigador principal Dr. Hayes Ross, Jr., Texas A & M University, y Co-Investigador Principal Sr. Jarvis Michie, Dynatech Ingeniería, comenzó este esfuerzo en 1989 con una serie de documentos técnicos sobre los temas de la matriz de ensayo, los procedimientos de evaluación y criterios de especificación y control de los parámetros de ensayo, evaluación en-servicio, uso de vehículos de ensayo sustitutos, simulaciones por computadora y otros procedimientos de evaluación, la instrumentación de los ensayos de choque, el propósito del documento, y la conversión a unidades del SI. El panel revisó cada documento y formuló observaciones sobre las cuestiones planteadas. Se celebró una reunión para discutir las diversas cuestiones, debatir las implicaciones de un conjunto actualizado de procedimientos, y desarrollar un consenso sobre los procedimientos que se incorporarían en la actualización. Después el equipo de investigación elaboró el primer borrador de procedimientos actualizados. El panel revisó minuciosamente el borrador y en una segunda reunión se examinó el informe y se consensuaron los procedimientos actualizados.

El segundo borrador se envió a unas 100 personas y se recibieron comentarios de alrededor de 65. El panel del proyecto se reunió por tercera vez para considerar los comentarios de revisión y determinar dónde se necesitaban cambios en los procedimientos actualizados. Aunque el informe se originó con la agencia de investigación, cada recomendación cuenta con el aval de consenso del Grupo de Proyectos NCHRP. Cuando las recomendaciones se basaban en evidencias poco claras, prevaleció el juicio del panel de proyecto.

El NCHRP Informe 350 actualiza completamente los procedimientos de evaluación de desempeño de seguridad; difiere del Informe 230 de las siguientes maneras:

1. Es un documento métrico completo, en previsión de la conversión de las unidades de medición de los EUA. En la actualización se hicieron conversiones estrictas que alteraron las masas, velocidades y tolerancias usadas en los ensayos. Por ejemplo, los ensayos especificados anteriormente para 60 mph (97 km/h) ahora se especificaron para 100 km/h. Se reconocieron los efectos de estos aumentos de la velocidad sobre la energía cinética de los ensayos, y se hicieron los ajustes adecuados.
2. Da un amplio rango de procedimientos de ensayo para evaluar el desempeño de seguridad de un amplio rango de barreras, terminales, amortiguadores de impacto, soportes quebradizos de estructuras y postes de servicios públicos, amortiguadores de impacto montados en camión, y dispositivos-de-control-de-tránsito en zonas-de-trabajo.
3. Utiliza una camioneta de $\frac{3}{4}$ toneladas como vehículo de ensayo estándar en lugar del coche de pasajeros de 4500 libras, para reflejar que casi una cuarta parte de los vehículos de pasajeros en los caminos de los EUA están en la categoría "camiones livianos". Este cambio reconoce las diferencias en las bases de ruedas, alturas de parachoques, rigidez y estructura de la carrocería, voladizo delantero, y otros factores de diseño vehicular.

4. Define otros vehículos de ensayo suplementarios, incluyendo un coche de pasajeros mini-compacto (700 kg), camiones de carga de una sola unidad (8000 kg), y vehículos de tractor-remolque (36.000 kg) para basar el ensayo opcional de cumplir con niveles de desempeño más altos
5. Para cada categoría de dispositivo-de-seguridad incluye un amplio rango de ensayos que dan una base uniforme para establecer justificaciones aplicables al hardware de seguridad vial que considere los niveles de uso del camino. Se definieron seis niveles básicos de ensayo para distintas clases de elementos de seguridad vial, y una serie de niveles de ensayo opcionales para basar las evaluaciones de seguridad de apoyo a los más o menos estrictos criterios de desempeño
6. El informe incluye guías para seleccionar el punto de impacto crítico de los ensayos de choque en el *hardware* de seguridad tipo-redirectivo
7. Informa técnicas mejoradas de medición, relacionadas con el riesgo de los ocupantes e incorpora guías para instalar dispositivos e instrumentos de ensayo
8. Las tres categorías básicas de criterios de evaluación permanecen sin cambios. Los criterios de riesgo de los ocupantes conservan el uso del modelo espacio de *azoteo*, pero definen los niveles preferidos y máximos de velocidad y aceleración de impacto de los ocupantes. Se alteraron los límites laterales de velocidad de impacto de los ocupantes para que sean equivalentes a los límites longitudinales, y reflejen los resultados de investigaciones recientes. Se modificaron los criterios de redirección para incorporar un requerimiento de cambio de velocidad vehicular limitante de 12 m/s en la dirección longitudinal
9. Refleja una revisión crítica de los métodos y tecnologías para evaluar el desempeño de seguridad, tales como vehículos de ensayo sustitutos y simulaciones por computadora, y en los procedimientos incorpora métodos del estado-del-arte
10. Da criterios opcionales, establecidos por otros, para los ensayos de impacto lateral.

El documento refleja la evolución de los conocimientos sobre las evaluaciones de seguridad y desempeño al costado de la calzada. Inevitablemente, partes del documento necesitarán futura revisión, pero es opinión consensuada del panel de proyecto y de muchos críticos de estos procedimientos, que en el siglo 21 el documento satisfará efectivamente las necesidades de procedimientos uniformes de evaluación de desempeño de seguridad.

PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE SEGURIDAD DE DISPOSITIVOS VIALES

RESUMEN

Se presentan procedimientos para ensayar choques vehiculares, y evaluar en-servicio los dispositivos-de seguridad o elementos al costado de la calzada. Los dispositivos incluidos en estos procedimientos son:

- 1) barreras longitudinales; tales como barandas de puentes, barandas, barreras de mediana, transiciones, y terminales;
- 2) amortiguadores de impacto;
- 3) soportes de señales y luminarias quebradizos o flexibles;
- 4) postes quebradizos de servicios públicos;
- 5) amortiguadores de impacto montados en camión; y
- 6) dispositivos-de-control-de-tránsito de zona-de-trabajo vial.

El objetivo es promover ensayos y evaluación en-servicio uniformes de los dispositivos-de-seguridad al costado de la calzada, para que los ingenieros viales puedan comparar confiadamente el desempeño de seguridad de diseños probados y evaluados por diferentes agencias. Los procedimientos se presentan en forma de guías que describen cómo ensayar y evaluar un dispositivo. Cómo identificar dispositivos nuevos, existentes o modificados para ensayo y evaluación; cómo seleccionar el nivel de servicio que un dispositivo ha de cumplir, y cómo establecer criterios de desempeño aceptables para una agencia, son decisiones políticas más allá del alcance de este documento. Los procedimientos se dirigen al desempeño de seguridad de dispositivos viales; no se consideran otros requisitos de servicio tales como economía y estética.

Estos procedimientos se diseñaron para someter a los dispositivos-de-seguridad al costado de la calzada a condiciones de impacto vehicular graves, en lugar de situaciones viales típicas o promedio. Aunque se reconocen las innumerables condiciones del lugar del camino y dispositivos-de-seguridad de aplicación, es impracticable o imposible repetirlas en un número limitado de ensayos estandarizados. En consecuencia, el enfoque fue normalizar las condiciones de ensayo: las barreras longitudinales se ensayaron rectas, aunque existen instalaciones curvadas; se recomienda pendiente plana aunque a veces las instalaciones se ubican en bermas inclinadas y detrás de cordones; se especifican suelos idealizados aunque a menudo el *hardware* de seguridad al costado de la calzada esté fundado en suelo malo o congelado. Estas condiciones de ensayo normalizadas tienen un efecto significativo en el desempeño de un dispositivo, pero son de importancia secundaria al comparar los resultados de dos o más sistemas.

Para los ensayos de choque vehiculares se presentan las condiciones específicas de impacto para masa, velocidad, y ángulo de aproximación del vehículo, y el punto donde el dispositivo-de-seguridad será golpeado. Se definen los tipos de vehículos de ensayos estándares para los coches de pasajeros mini-compactos y subcompactos, camionetas estándares de $\frac{3}{4}$ toneladas, camiones simples, y camiones de carga tractor-remolque. Las velocidades de impacto varían de 35 a 100 km/h, y los ángulos de aproximación entre 0 a 25 grados. Se presentan tres factores primarios para evaluar el desempeño de ensayos de choque: adecuación estructural, riesgo de los ocupantes, y trayectoria del vehículo después del choque. Según su función, el dispositivo-de-seguridad debe contener, redirigir, permitir la penetración controlada del vehículo que la impacta, o permitir una parada controlada de manera predecible, y satisfacer los requisitos de adecuación estructural. El grado de riesgo a que serían sometidos los ocupantes del vehículo que impacta se mide en términos de la velocidad a la que un ocupante, sin hipotéticas restricciones, golpea una parte del interior del vehículo, tal como el panel de instrumentos, ventana, o puerta, y la siguiente desaceleración. La trayectoria del vehículo después del choque se evalúa sobre la base de la participación probable de otro tránsito debido al curso o posición final del vehículo-impacto y en las posibilidades de desempeños indeseables de vehículos posimpacto, tales como embolsamientos o enganches. Se reconoce que los ensayos de choque de vehículos son experimentos complejos y difíciles de

reproducir por el control impreciso de las condiciones de ensayo, y el desempeño aleatorio y a veces inestable de los mecanismos de deformación y fractura dinámica. En consecuencia, se debe tener cuidado al interpretar los resultados.

La evaluación en-servicio se usa en la etapa final del desarrollo de dispositivos-de-seguridad al costado de la calzada, nuevas o ampliamente modificadas, y tiene el propósito de evaluar el desempeño real durante un amplio rango de situaciones de choques, ambientales, operacionales y de mantenimiento, para condiciones típicas de lugar y tránsito. Este informe actualiza las guías para la evaluación en-servicio, primero dadas en el Informe NCHRP 230, reconociendo la naturaleza compleja de los choques de tránsito y los limitados recursos de los organismos encargados de supervisar el desempeño de dispositivos-de-seguridad, nuevos o modificados.

Los Apéndices de este informe dan:

- a) un comentario sobre la base de los procedimientos;
- b) especificaciones de suelos para instalar dispositivos-de-seguridad;
- c) especificaciones para instrumentar los ensayos;
- d) un resumen de las herramientas analíticas y experimentales que pueden usarse en la fase de investigación y desarrollo de los dispositivos-de-seguridad;
- e) una metodología para cuantificar el daño al ocupante del compartimiento de un vehículo de ensayo;
- f) una descripción de los procedimientos de cálculo para medidas alternas de riesgo de ocupante (p.e., THIV, PHD, y ASI); y
- g) una metodología para realizar y evaluar los ensayos de impactos laterales.

NOTA ACLARATORIA DE LOS TRADUCTORES

En este documento no se tradujeron los apéndices del NCHRP 350 que explican a los laboratorios cómo preparar y realizar los ensayos, dado que no son necesarios para entender el documento en sí.

Se incluyó sin traducir el Apéndice H - Referencias y Bibliografía.

Se incluyó traducido y ampliado el Apéndice I – Abreviaturas / Glosario

Se incluyó traducido el Apéndice J – Conversiones Sistema Internacional SI

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 PROPÓSITO Y ALCANCE

El propósito de este informe es presentar guías uniformes para los ensayos de choque de dispositivos-de-seguridad vial, permanentes y temporales, y criterios recomendados para evaluar los resultados de los ensayos; y evaluar dispositivos-de-seguridad en-servicio. Estas guías y criterios evolucionaron en los últimos 50 años; incorporan la tecnología actual, el juicio colectivo y la experiencia de los profesionales en el campo del diseño de la seguridad vial. Ellas dan: (1) a los investigadores y agencias usuarias una base para comparar los méritos de desempeño de dispositivos-de-seguridad candidatos, (2) una guía para los desarrolladores de nuevos dispositivos-de-seguridad, y (3) una base sobre la cual las agencias usuarias pueden formular especificaciones de desempeño para dispositivos-de-seguridad.

Aunque estas guías son representativas y aplicables a una serie de dispositivos viales y condiciones del tránsito, no incluyen todo. La experiencia demostró que a medida que se desarrollan nuevos diseños, los métodos de ensayo actuales no pueden evaluar adecuadamente las condiciones críticas para estos diseños. La experiencia también ha demostrado que se harán evaluaciones y ensayos de dispositivos no tratados en las guías actuales. De los dispositivos específicos y condiciones del lugar puede surgir que requieren ensayos y criterios de evaluación especiales. Las desviaciones desde las guías se justifican cuando otros ensayos o criterios de evaluación son más adecuados y representativos del lugar o condiciones de diseño.

Con las guías, un determinado dispositivo puede ser ensayado para uno de los seis "niveles de ensayo." A nivel de ensayo se define por las condiciones de impacto (velocidad y ángulo de aproximación) y el tipo de vehículo de ensayo (que varían en tamaño desde un coche pequeño hasta un camión semirremolque totalmente cargado). Un dispositivo diseñado y ensayado para un bajo nivel de ensayo, generalmente se usaría en un camino de bajo nivel de servicio; por ejemplo, un camino colector o local, una calle urbana, o tal vez en una zona-de-trabajo restringida. Un dispositivo diseñado y ensayado para un nivel de ensayo de alto, normalmente se usará en un camino de alto nivel de servicio; por ejemplo, una autopista.

Por lo general, los dispositivos que cumplen un dado nivel de ensayo tienen diferentes características de desempeño. Una barrera de hormigón y una barrera de cable pueden diseñarse para satisfacer un nivel de ensayo dado, pero es obvio que la barrera de cable se desvíe mucho más, las fuerzas de impacto serán menores para la barrera de cable, y sin duda la trayectoria del vehículo no será la misma para ambas barreras. Puede diseñarse un terminal con capacidades completas de redirección a lo largo de toda su longitud (denominado un *terminal no traspasable*), o puede diseñarse para permitir la penetración controlada a lo largo de una porción de su longitud (denominado *terminal traspasable*). Ambos diseños pueden hacerse para satisfacer un nivel de ensayo determinado. Un amortiguador de impacto puede diseñarse para redirigir un vehículo que impacta el costado del amortiguador (denominado *amortiguador de impacto redirectivo*), o puede diseñarse para desacelerar el vehículo hasta una detención cuando es impactado en el costado (denominado *amortiguador de impacto no-redirectivo*).

Aunque las guías se formularon para dar al usuario una considerable libertad en el diseño y ensayo de un dispositivo, no es el propósito ni está en la competencia de este documento determinar dónde un dispositivo-de-seguridad, que satisface un dado nivel de ensayo y con características específicas de desempeño, tendría aplicación. Esa determinación incumbe a la agencia de transporte competente, responsable de la aplicación del dispositivo-de-seguridad.

Estas guías sustituyen a las contenidas en el *Informe 230 NCHRP* (1). Las revisiones importantes incorporadas aquí relativas al Informe 230 incluyen:

- a) las modificaciones a los vehículos de ensayo,
- b) cambios en el número y las condiciones de impacto de la adopción matrices de ensayo,
- c) el concepto de "niveles de ensayo" en lugar de "servicio niveles",

- d) cambios en los criterios de evaluación,
- e) la inclusión de guías de ensayo de dispositivos adicionales, y
- f) la adopción del Sistema Internacional de Unidades (SI). El SI se adoptó de común acuerdo con los esfuerzos nacionales para convertir el sistema Inglés de unidades al SI aceptado internacionalmente.

Los procedimientos presentados en este documento implican ensayos vehiculares para evaluar los desempeños al impacto de dispositivos viales de seguridad permanentes y temporales. Los resultados se evaluarán en función del grado de peligro al que estarían expuestos los ocupantes del vehículo que impacta, la adecuación estructural del dispositivo-de-seguridad, el riesgo para los trabajadores y peatones que pudieran estar detrás de una barrera, o en la trayectoria de los desechos resultantes de choques con un dispositivo-de-seguridad, y el desempeño tras el impacto del vehículo de ensayo. Otros factores que deben evaluarse en el diseño de un dispositivo de seguridad, tales como estética, costos (iniciales y de mantenimiento) y durabilidad (capacidad de soportar condiciones ambientales tales como congelación y descongelación, la carga de fatiga inducida por el viento, efectos de la humedad, radiación ultravioleta, etc.) no se tratan.

1.2 DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO-DE-SEGURIDAD

Desde el principio hasta que entre en operación, el desarrollo de un dispositivo-de-seguridad suele ser un proceso largo y arduo. Según su fase de desarrollo, generalmente un dispositivo-de-seguridad corresponde a una de tres categorías: (1) investigación y desarrollo, (2) experimental, y (3) en operación. Durante la fase de investigación y desarrollo, el diseño evoluciona y eventualmente se lo somete a un conjunto de ensayos de choque, cuyos resultados se evalúan según un conjunto de criterios. Si el dispositivo satisface los criterios de evaluación, entonces se la coloca en la fase experimental. Sujeta a los intereses de las agencias usuarias, entonces se puede instalar, a menudo sobre una base limitada. El propósito de la fase experimental es vigilar de cerca el desempeño en-servicio del dispositivo. Si se desempeña satisfactoriamente en- servicio, a continuación puede colocarse en la fase operacional; pero su desempeño debe seguir vigilado.

En la Figura 1.1 se muestra un diagrama de flujo que ilustra el proceso al cual se somete normalmente un nuevo dispositivo-de-seguridad. Los Pasos 1 a 4 son de la fase de investigación y desarrollo. Se indican los factores que deben considerarse y las técnicas de diseño que pueden usarse durante esta fase. Durante el Paso 3 puede ser beneficioso usar herramientas analíticas y experimentales. El Paso 4 es presentado en los Capítulos 2 a 6. Si un dispositivo cumple con los criterios recomendados de desempeño al impacto, entonces se lo clasifica como experimental, y pueden realizarse los Pasos 6 a 9. Si es aceptable para una entidad o agencia usuaria, en el Paso 8 se preparan planos estándares, y el dispositivo-de-seguridad se instala de manera limitada. El Paso 9 implica la evaluación en-servicio; los procedimientos recomendados para esta evaluación se dan en el Capítulo 7. Este paso es quizás la parte más importante del desarrollo de un dispositivo. Si la evaluación en-servicio es aceptable, entonces en el Paso 11 se puede clasificar el dispositivo como operacional, y se aplica plenamente. El control del desempeño en-servicio del dispositivo debe continuar en el Paso 12.

Aunque hay guías específicas como las presentadas aquí para determinar si un dispositivo es aceptable como experimental, no hay criterios específicos ampliamente aceptados para evaluar su desempeño en-servicio. Debe ejercerse considerable juicio al determinar cuándo un dispositivo cumplió con los requisitos en-servicio y volverse operacional. Algunas agencias pueden elegir omitir los Pasos 9 y 10, que declaran la función operacional sobre la base de la opinión de expertos. Se recomienda encarecidamente no omitir nunca el Paso 12.

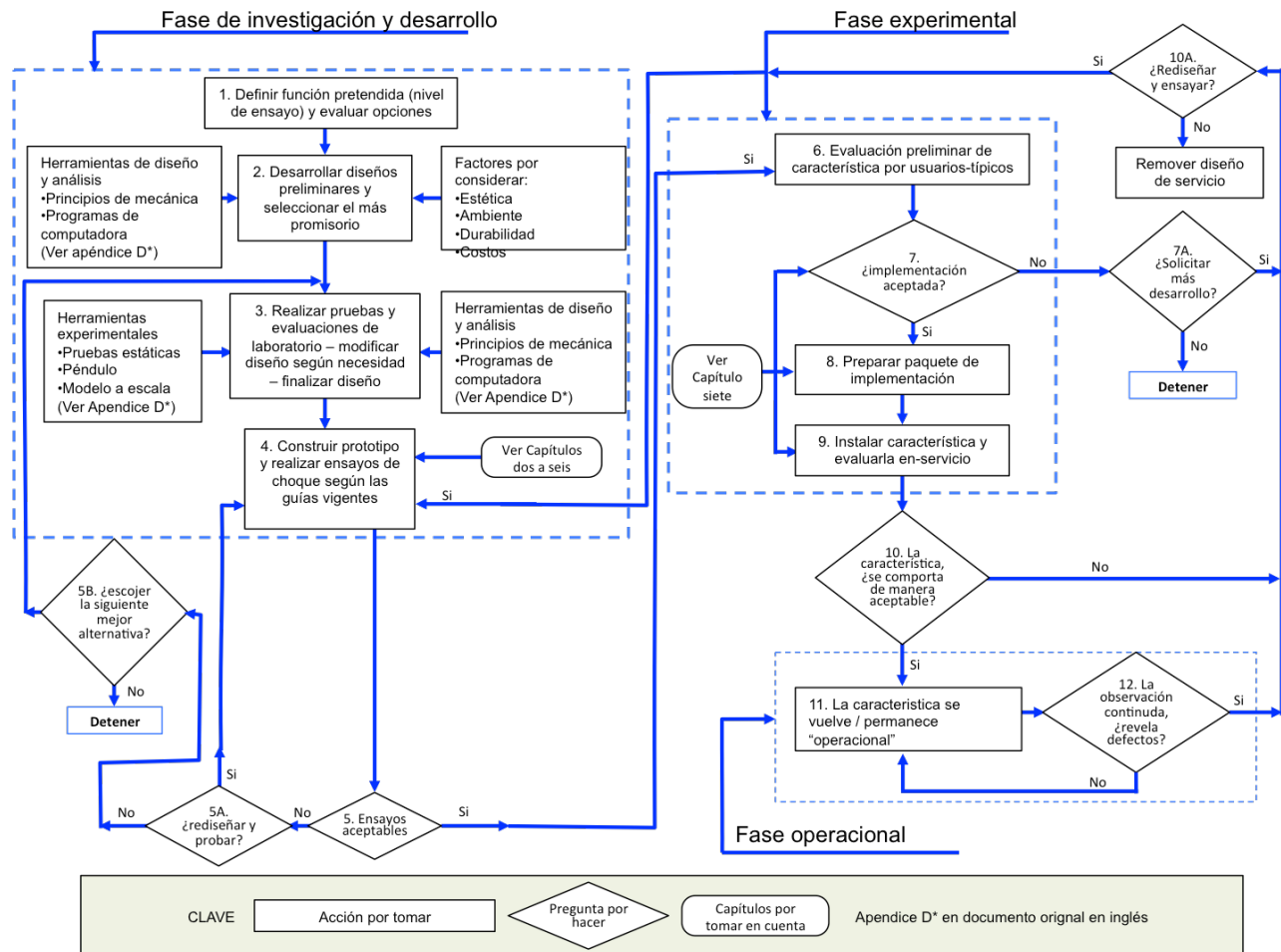


Figura 1.1. Diagrama de flujo para desarrollar un dispositivo-de-seguridad

1.3 METAS DE DESEMPEÑO

Uno de los objetivos de un dispositivo-de-seguridad vial es dar una calzada y sus costados indulgentes para un automovilista errante. La meta de seguridad se cumple cuando el dispositivo contiene y redirige al vehículo fuera de una zona peligrosa, y desacelera al vehículo hasta una parada en una distancia relativamente corta, se rompe o fractura con facilidad, permite una penetración controlada, o es traspasable sin causar lesiones graves a los ocupantes del vehículos o a otros automovilistas, peatones, o personal de zona-de-trabajo.

Idealmente, los costados de la calzada deberían estar despejados de toda obstrucción, incluyendo mobiliario innecesario al costado de la calzada, y ser transitables, de modo que un automovilista errante pueda retomar el control del vehículo y detenerse, o volver a la calzada. Existen numerosas áreas laterales que no pueden prácticamente ser despejadas de todos los objetos fijos o hechos transitables. En tales lugares, el uso de un adecuado dispositivo-de-seguridad o tratamiento de seguridad se destina a reducir las consecuencias de un despiste.

El desempeño de un dispositivo-de-seguridad vial no puede medirse solo con una serie de ensayos de choque. Los ensayos son una condición necesaria pero no suficiente para calificar la condición operacional de un dispositivo-de-seguridad. Los resultados del ensayo se evalúan sobre la base de criterios de evaluación presentados en el Capítulo 5.

1.4 LIMITACIONES DE DESEMPEÑO

Incluso el dispositivo más cuidadosamente investigado tiene límites de desempeño, dictados por las leyes físicas, resistencia a los choques de los vehículos, y limitación de los recursos. Por ejemplo, en algunos lugares falta espacio suficiente para desacelerar un vehículo con seguridad, independientemente del diseño de un amortiguador de impacto. Independiente del dispositivo quebradizo, ciertos postes de madera de servicios públicos pueden ser tan masivos que el vehículo que impacta es abruptamente desacelerado, lo que limita el desempeño de seguridad alcanzable sin un cambio en la tecnología de apoyo. No hay garantía de que un dispositivo que cumpla las recomendaciones de ensayo del presente documento para un vehículo con una trayectoria normal se comporte satisfactoriamente si es impactado por un vehículo que se desliza lateralmente.

Algunos tipos de vehículos pueden carecer de suficiente tamaño o masa, o los dispositivos de resistencia al impacto necesarios, tales como la resistencia de la interfaz, rigidez, propiedades de deformación controlada, y estabilidad, para dar a los ocupantes un nivel aceptable de protección. No hay disposiciones previstas en el presente documento para diseñar y ensayar dispositivos-de-seguridad para vehículos de dos ruedas, motorizados o no. Las barreras longitudinales que contendrán y redirigirán a los más pequeños vehículos-de-pasajeros y aun tienen resistencia para redirigir un semirremolque u ómnibus urbano son relativamente caras. Al parecer, las condiciones de lugares insignificantes tales como cordones, taludes y suelos blandos pueden causar o contribuir al desempeño fracasado de un dispositivo de seguridad.

Por estas razones, generalmente los dispositivos-de-seguridad se desarrollan y ensayan para situaciones ideales seleccionadas, destinadas a abarcar una gran mayoría, pero no todos, los posibles choques en-servicio. A pesar de ello, es esencial que los resultados de los ensayos se evalúen e interpreten por investigadores competentes, y que la evaluación se guíe por criterios de sano juicio ingenieril.

Si bien es de esperar que ciertos dispositivos que cumplen todos los criterios de ensayo y evaluación recomendados en este documento tengan "ventanas de vulnerabilidad" no ensayadas en-servicio, también es de esperar el corolario de esto. Es decir; es esperable que dispositivos que no cumplen con todos los criterios de ensayo y evaluación recomendados en este documento sigan siendo opciones rentables para aplicaciones en-servicio seleccionadas.

1.5 ORGANIZACIÓN DEL INFORME

- El Capítulo 2 describe los parámetros de ensayo, incluidos los relacionados con la instalación de ensayo, el artículo de ensayo, y el ensayo y sus ocupantes simulados.
- El Capítulo 3 da las condiciones de ensayo recomendados para cada uno de los dispositivos respectivos, presenta las tolerancias recomendadas en condiciones de impacto y un procedimiento para identificar el punto de impacto crítico para ciertos dispositivos.
- El Capítulo 4 describe los sistemas de adquisición de datos recomendados e identifica los parámetros que deben medirse antes, durante y después del ensayo.
- El Capítulo 5 da los criterios para evaluar los resultados del ensayo.
- El Capítulo 6 recomienda la forma de documentar un ensayo determinada y sus resultados.
- El capítulo 7 contiene guías sobre cómo se debe evaluar el desempeño en-servicio de un dispositivo.
- El Apéndice A es un comentario de los ítems contenidos en los Capítulos 2 a 6, y presenta más elaboración y discusión.
- El Apéndice B contiene especificaciones de suelos, reproducidas con permiso de AASHTO.
- El Apéndice C contiene especificaciones de instrumentación, reproducidas con permiso de la Society of Automotive Engineers, Inc.
- El Apéndice D resume herramientas analíticas y experimentales que pueden usarse en la fase de investigación y desarrollo.
- El Apéndice E contiene una metodología para cuantificar el daño del compartimiento de ocupantes.
- El Apéndice F describe procedimientos de cálculo del *Theoretical Head Impact Velocity* (THIV), *Post-Impact Head Deceleration* (PHD), y el *Acceleration Severity Index* (ASI).

- El Apéndice G contiene una metodología para realizar y evaluar impactos laterales.
- El Apéndice H contiene las referencias y bibliografía.
- El Apéndice I es un glosario de términos.
- El Apéndice J presenta ejemplos de factores de conversión SI.

1.6 ARMONIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMAS DE DESEMPEÑO

Concurrentemente con la preparación de este informe, el *European Committee for Standardization* (CEN) preparaba un documento similar. Se mantuvieron discusiones para explorar formas de comportamiento al impacto para que los resultados pudieran armonizarse. Sin embargo, cuestiones de programación impidieron desarrollar sustantivos acuerdos. No obstante, sobre la base de lo expresado por entidades gubernamentales del los EUA y agencias del CEN, se espera que en los informes futuros se adopten normas comunes, por lo menos para ciertos elementos del proceso de ensayo y evaluación. Para ello, se decidió incorporar el sistema de unidades SI. Además, se sugirió que ciertos criterios de evaluación adoptados por el CEN se calculen e informen para ensayos en los EUA, para compararlos con criterios afines de los EUA.

CAPÍTULO 2

PARÁMETROS DE ENSAYO

2.1 GENERAL

Los dispositivos-de-seguridad viales se evalúan para un nivel de ensayo en particular, mediante una serie de ensayos de choque de vehículos para un rango limitado de condiciones de impacto, Capítulo 3. Se estandarizaron muchos parámetros de ensayo importantes para llegar a la estratificación práctica de ensayos (matrices de ensayo) y mejorar el grado de su réplica. Se debe tener cuidado al interpretar resultados de los ensayos y al proyectar los resultados de desempeño en-servicio. Un buen desempeño en condiciones ideales de ensayo no asegura un desempeño comparable en condiciones de servicio. El proceso de evaluación no debería limitarse a finalizar con éxito los ensayos recomendados en este documento. La evaluación en-servicio es quizás más importante que la evaluación de ensayos de choque del dispositivo-de-seguridad, y debe realizarse según lo recomendado en el Capítulo 7.

2.2 CENTRO DE ENSAYOS

Debe usarse una superficie plana, preferiblemente pavimentada, al acelerar el vehículo de ensayo a la velocidad deseada, y prever la trayectoria sin restricciones del vehículo después del impacto. La superficie debe estar libre de cordones, cunetas, zanjas, u otras irregularidades que pudieran influir en el desempeño durante el impacto o posimpacto del vehículo, excepto cuando las condiciones de ensayo requieran tales dispositivos. Si es necesario, una superficie del suelo o césped compactado plana debe adjuntarse al área de aproximación pavimentada para reproducir las condiciones de los dispositivos-de-seguridad, normalmente rodeada por una superficie sin pavimentar, de modo que se pueda evaluar correctamente el desempeño vehicular posimpacto.

2.2.1 Suelo

El desempeño de impacto de algunos dispositivos-de-seguridad depende de la interacción dinámica suelo-estructura. Tales dispositivos son las barreras longitudinales y soportes de señales y luminarias con postes o estructuras incrustadas en el suelo. Cuando fuere posible, estos dispositivos deben ensayarse con condiciones del suelo que repliquen las condiciones típicas en-servicio. Lamentablemente, las condiciones del suelo varían con el tiempo y lugar, incluso en zonas geográficas relativamente pequeñas. A excepción de las condiciones de ensayo especiales, es necesario estandarizar las condiciones del suelo para el ensayo. En ausencia de un suelo específico, se recomienda que todos los dispositivos cuyo desempeño al impacto fuere sensible a la interacción suelo-estructura se ensayen con el suelo descrito en la Sección 2.2.1.1. Los desarrolladores de productos y organismos usuarios deben evaluar el potencial de sensibilidad de un dispositivo-de-seguridad a las condiciones de cimentación, y si es probable que el dispositivo se instale en un terreno proclive a degradar su desempeño, puede ser adecuado ensayarla con uno o más suelos descritos en la Sección 2.2.1.2.

Para los ensayos que implican suelos recomendados en las secciones 2.2.1.1 y 2.2.1.2, la longitud, anchura y profundidad del material de empotramiento deberán ser suficientes para eliminar efectivamente la influencia del suelo nativo en el desempeño de impacto. Si no se pueden determinar estas dimensiones, se recomienda que la profundidad del ensayo de suelo sea aproximadamente 1,2 veces la longitud de empotramiento del artículo de ensayo y que la extensión lateral del suelo de ensayo, fuera de una envolvente de la parte embebida del artículo de ensayo, sea aproximadamente 1,3 veces la longitud del empotramiento.

2.2.1.1 Suelo estándar

Se recomienda que las especificaciones de suelo cumplan las especificaciones estándares de AASHTO para "Materiales para agregado y subbase de suelo agregado, base y capas superficiales", designación M 14765 (1990), clasificación A o B. Debe compactarse según la Guía de Especificaciones AASHTO para Construcción viales, Secciones 304.05 y 304.07. El suelo debe ser recompactado, según fuere necesario, antes de cada ensayo para

cumplir con los requisitos de densidad de Guía de las Especificaciones. El suelo debe estar bien drenado en el momento del ensayo de choque. El ensayo no debe realizarse si el suelo está congelado o si está saturado, a menos que el ensayo se haya diseñado específicamente para evaluar estas condiciones (Sección siguiente).

2.2.1.2 *Suelos especiales*

Las guías siguientes pueden usarse para evaluar un dispositivo-de-seguridad en un suelo débil, saturado, o congelado.

Suelo débil. Se recomienda que el suelo débil cumpla la especificación estándar de AASHTO para "Agregado fino par hormigón de cemento Portland", designación AASHTO M 6-87. El suelo debe ser compactado de acuerdo con la Guía de Especificaciones AASHTO para Construcción vial, Secciones 304.05 y 304.07. El suelo debe ser recompactado, según fuere necesario, antes de cada ensayo para cumplir con los requisitos de densidad de Guía de las Especificaciones. El suelo debe estar bien drenado en el momento del ensayo de choque.

Suelo saturado. El "suelo estándar" y el "suelo débil" descritos pueden usarse para evaluar el desempeño de impacto de un dispositivo en condiciones de suelo saturado. El contenido de humedad del suelo debe replicar las condiciones en-servicio esperadas.

Suelo congelado. El "suelo estándar" y "suelo débil" descrito pueden ser usados para evaluar el desempeño de impacto de un dispositivo bajo condiciones de suelo congelados. El grado al cual el suelo está congelado, medido en términos de profundidad y temperatura, y su contenido de humedad debe replicar las condiciones en-servicio esperadas.

2.2.1.3 *Empotramiento del artículo de ensayo*

En el rango de condiciones que se esperan en el servicio, la profundidad y el método de empotramiento deben ser las probabilidades de revelar el desempeño más pobre del artículo de ensayo. Esto puede no ser predecible, en el que los ensayos de caso debe hacerse en condiciones de empotramiento suficientes para revelar el peor desempeño. El método usado en incrustar el artículo de ensayo debe replicar el método por el cual el dispositivo se incrustará en-servicio. Un soporte signo está típicamente embebido por la conducción del poste o talón directamente en el suelo, insertando el soporte en un agujero perforado y volver a tapar el suelo, o colocando el soporte o ramal en una base de hormigón. Se usan métodos similares para empotramiento de un poste de barrera longitudinal. La mayoría de los postes de soporte luminaria se apoyan en una base de concreto y la mayoría de los postes de servicios públicos se colocan en un agujero perforado y entonces el suelo se rellena.

Algunos ensayadores desarrollaron bases universales para ensayar de dispositivos quebradizos consistentes en placas base de usos múltiples apoyados sobre una base de hormigón muy rígida. Si bien estas bases reducen los costos de ensayos, eliminan eficazmente la interacción suelo-cimiento. También plantean preguntas dudas sobre la interfaz de fricción dispositivo-base y rigidez del perno de anclaje. Si no puede demostrar que estos efectos son insignificantes, el informe del ensayo debe, como mínimo, alertar a la agencia usuaria de posibles problemas y recomendar los sistemas de cimentación que aseguren la correcta ejecución separatista.

2.2.2 **Estructuras especiales**

Generalmente, los extremos de las barreras laterales y de mediana deben anclarse mediante secciones terminales, las barandas de puente deben conectarse al tablero, y frecuentemente las transiciones se vinculan a un extremo rígido de puente o muro de ala en el extremo corriente abajo de la transición. Cuando fuere posible, es preferible que los diseños en-servicio de estas estructuras auxiliares se usen en el ensayo de choque. Por ejemplo, cuando se ensaye una barrera de borde de camino, es preferible que los extremos terminen como lo harían en-servicio. Cuando esto no es posible deben construirse estructuras especiales. Un requisito clave de un dispositivo especial de anclaje de extremo para una barrera longitudinal es que tenga la capacidad para resistir las cargas de tracción desarrollados en la baranda.

En general, el ensayo de una baranda de puente requiere una estructura de soporte especial; es decir, un tablero de puente simulado. Para una baranda de puente no rígida donde interesa la deflexión lateral, la

estructura a la cual se une la baranda debe simular las condiciones de borde, de modo que el efecto de la penetración vehicular más allá del borde del tablero se puede evaluar correctamente. Independientemente de la resistencia de la baranda, puede ser deseable evaluar la adecuación estructural del tablero mismo para las condiciones de impacto, en cuyo caso la estructura del tablero debe tener la misma resistencia y propiedades que la estructura en-servicio.

Si en un ensayo de baranda de puente se usa un tablero universal o genérico, es deseable que las cargas de impacto impuestas sobre el tablero se midan o calculen según respuestas vehiculares medidas e informadas. Así, una agencia usuaria tendrá alguna guía sobre cómo diseñar un tablero que difiere del usado en el ensayo. Los procedimientos que pueden usarse para estimar las cargas de impacto se basan en la medición de aceleraciones vehiculares. Para los ensayos de una transición de barrera longitudinal de flexible-a-rígida debe construirse una estructura extrema o muro de ala. La longitud, resistencia y geometría del prototipo debe ser suficiente para la respuesta aproximada al impacto previsto del extremo o muro de ala final del puente en-servicio. La Sección 2.3.2.1 tiene más recomendaciones sobre el prototipo de extremo de puente.

2.3 ARTÍCULO DE ENSAYO

2.3.1 General

Todos los elementos o materiales del artículo de ensayo que contribuyan a su integridad estructural o comportamiento al impacto se deben muestrear, ensayar, y los consignar los resultados en el informe de ensayo. Generalmente, las propiedades físicas y químicas de los materiales pueden obtenerse directamente del proveedor que da el artículo de ensayo. Para asegurarse de que se consideran todos los elementos críticos, es esencial un cuidadoso examen posensayo del artículo. Cuando ocurra un fallo, los materiales deben ensayarse independientemente.

Las especificaciones de materiales, tales como ASTM, AASHTO, y así sucesivamente, deben ser informadas por todos los elementos clave. Los resultados de los ensayos de muestras aleatorias deben confirmar el cumplimiento de las especificaciones establecidas, y que los elementos clave en el artículo de ensayo eran representativos de la calidad de producción normal. El probador debe juzgar sobre los efectos materiales marginales, o materiales que superan significativamente las especificaciones mínimas, que podría tener en el desempeño del artículo de ensayo. Deben informarse las propiedades especificadas, pero no verificadas de todos los otros materiales usados en el artículo de ensayo.

El artículo de ensayo debe construirse y erigirse de manera representativa de las instalaciones en-servicio, y debe cumplir con las especificaciones y dibujos del fabricante o diseñador.

Para asegurar la uniformidad e integridad de las conexiones estructurales, según el caso deben usarse las especificaciones actuales de la Sociedad Americana de Soldadura para puentes carreteros, *Especificaciones Aluminum Association* de aluminio de puentes y otras estructuras viales, procedimientos de montaje del *American Institute of Steel Construction*, y otros documentos pertinentes. En el informe de ensayo deben delinearse las desviaciones de fabricación, especificaciones, o detalles de erección.

2.3.2 Detalles de instalación

2.3.2.1 Barreras longitudinales

Para los ensayos que examinan el desempeño de la sección de longitud-de-necesidad, las barandas o elementos de barrera deben instalarse rectos, nivelados y anclados. Las instalaciones horizontalmente curvas, bermas inclinadas, terraplenes, diques y cordones deben evitarse para los ensayos generales de desempeño; cuando se usen, deben informarse los dispositivos no estándares. Como regla general, la longitud de la sección de ensayo, excluyendo terminales o dispositivos de anclaje de extremo deben ser por lo menos el triple de la longitud en la que se prevé la deformación, pero no menos de 23 m para una barrera rígida (una para la que se prevé poco o ningún desplazamiento lateral), y 30 m para una barrera flexible, tal como una barrera lateral de viga y postes de metal. La longitud de la sección de ensayo debe ser tal que: (1) los terminales o dispositivos de

anclaje extremo no influyan de manera anormal en el comportamiento dinámico de la barrera, y (2) la capacidad de la barrera para contener y redireccionar el vehículo de ensayo de la manera recomendada se pueda determinar exactamente. Las excepciones a las longitudes recomendadas se pueden hacer, siempre que la instalación cumpla con estos dos requisitos.

Una barrera sin anclaje, tal como una de hormigón prefabricada y segmentada, cuyo desempeño al impacto depende en parte de la resistencia friccional entre ella y la superficie sobre la que se apoya, debe ensayarse en una superficie que reproduzca el tipo que se colocará en-servicio. Si en servicio se la colocará en más de una superficie, debe ensayarse en la superficie que probablemente resulta en el efecto más adverso sobre el desempeño, usualmente uno con la menor resistencia friccional. Deben informarse el tipo de superficie y los anclajes o terminales usados.

El sistema de barrera usado para un ensayo de transición debe orientarse como en-servicio. Como regla general, las transiciones más preocupantes son los que conectan una barrera menos rígida en el lado aguas arriba de una barrera más rígida en el lado de aguas abajo, tales como la transición desde una barrera flexible lateral o de mediana hasta una baranda rígida de puente. En tales casos, la longitud, resistencia y geometría del prototipo de baranda de puente, o muro de ala, debería ser suficiente para dar la respuesta aproximada esperada de la baranda de puente o muro de ala en-servicio. Se recomienda que la longitud del prototipo de baranda o muro de ala sea como mínimo de 5 m. Se recomienda un mínimo de 15 m de la barrera más flexible, exclusive de un extremo correctamente anclado.

En algunos casos, la transición sirve para conectar barreras longitudinales con rigidez lateral similar, pero con diferente geometría. En tales casos, se recomienda un mínimo de 15 m de cada una de las barreras adyacentes, exclusiva de un extremo anclado correctamente.

2.3.2.2 *Terminales y amortiguadores de impacto*

Se debe hacer referencia a la Sección 3.2.2 para recomendaciones relativas a la manera en que un terminal o un amortiguador de impacto deben orientarse con respecto a la dirección de aproximación vehicular. Al ensayar los terminales, el artículo de ensayo debe erigirse en superficie plana. Como regla general, debe vincularse al terminal y anclarse en el extremo aguas-abajo una longitud-de-necesidad de barrera de 30 m. Si el terminal está diseñado para una barrera longitudinal específica, la longitud de la sección usada en el ensayo debe componerse de la barrera específica. Las excepciones a la longitud recomendada para la sección de longitud-de-necesidad son permisibles, con tal que la capacidad de detención del terminal, de contener y redirigir, o permitir penetración controlada del vehículo de ensayo en la forma recomendada, pueda verificarse claramente.

Para simular un dispositivo vial, cuando fuere apropiado debe usarse una estructura de respaldo rígida, no flexible (tal como una pila de puente, una nesga elevada, o extremo de puente). Para amortiguadores de impacto con capacidad de redirección, diseñados para ser golpeados lateralmente por el tránsito directo y en el otro lado por el tránsito opuesto, el artículo de ensayo debe instalarse con *hardware* deflector de golpes laterales, orientado para acomodar ambos tipos de golpes laterales. El amortiguador de impacto debe anclarse según lo requieran las especificaciones o dibujos.

2.3.2.3 *Estructuras soporte, dispositivos-de-control-de-tránsito en zona-de-trabajo, y postes quebradizos de servicios públicos.*

Se debe referir a la Sección 3.2.3 por las recomendaciones relativas a la manera en que una estructura de soporte, un dispositivo-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo, o un poste quebradizo deben orientarse con respecto a la dirección de aproximación vehicular. Los ensayos deben verificar los dispositivos de rotura o flexibilidad diseñadas, para funcionar de forma idéntica al ser impactado desde direcciones específicas, como una base separatista diseñada para impactos frontales o posteriores, o aquellos dispositivos diseñados para funcionar de forma idéntica al ser impactado desde cualquier dirección, por ejemplo, una base separatista diseñado para impactos omnidireccionales. Los sistemas soporte deben equiparse completamente equipados con estructuras de altura completa, incluyendo señales, buzón o buzones de correo, teléfono público, y el brazo de mástil para luminaria. Para los ensayos de un soporte de luminaria, es preferible que se use una luminaria real en lugar de

una masa equivalente sustituta, que a menudo se usó en el pasado. Los ensayos demostraron que la luminaria/lastre puede soltarse durante el impacto y representar un peligro para otros conductores o para los ocupantes del vehículo que impacta. Un poste de servicio público de longitud total debe usarse junto con los brazos transversales asociados, tensores, puntales y conductores.

El ensayo puede implicar múltiples soportes como soportes de buzones múltiples, varios tambores, muy próximas entre sí en una zona-de-trabajo. La orientación y espaciamiento de estos soportes deben representar las condiciones en-servicio.

De vez en cuando, un dispositivo-de-control-de-tránsito en la zona-de-trabajo, como una barricada o un tambor de plástico se tumbará, o se lo ubicará intencionalmente en una posición de vuelco a lo largo de la berma en una zona-de-trabajo. Típicamente, una barricada puede colocarse de manera que sus paneles sean paralelos, en lugar de perpendiculares al tránsito. Como tal, estos dispositivos pueden representar un mayor riesgo a un automovilista errante que en su posición normal o vertical. Si hay una expectativa razonable de que un dispositivo esté probablemente en esta posición durante el servicio, debe ensayarse en la posición de vuelco, con tal que esta orientación posea un mayor riesgo al motorista que en su posición normal. Si no se puede determinar qué posición es más crítica, deben realizarse los ensayos en posición normal y de vuelco o rotación.

Para los ensayos de un sistema de soporte de señales, el área del panel de señal debe aproximarse a la del panel más grande que normalmente se usa en el sistema soporte. El material del panel de señal debe ser el normalmente usado, o que se usa en el sistema de apoyo. Si con el sistema soporte se usan paneles de distintos materiales, como madera contrachapada, láminas de metal o plásticos reforzados con fibras, el ensayo se realizará con el material que se espera plantee el mayor riesgo para los ocupantes del vehículo que impacta. Si no se puede determinar qué material es más crítico, se recomienda el ensayo con el panel más pesado. La relación de aspecto de la señal (relación entre altura y anchura) debe ser típica del panel más grande que normalmente se usa en el sistema de apoyo. La altura de montaje del panel de señal (distancia desde el suelo hasta la parte inferior del panel) debe ser la altura mínima del panel que normalmente se monta en-servicio, a menos que pueda demostrarse que una altura de montaje superior plantearía un mayor riesgo a los ocupantes del vehículo que impacta.

Para los ensayos de un sistema de apoyo de un solo buzón de correo, el buzón debe ser el más grande que normalmente se usa en el sistema de apoyo. Para los ensayos de un sistema de apoyo con varios buzones, el número y tamaño de los buzones deben ser los más grandes que normalmente se usan.

2.3.2.4 Amortiguadores de impacto montados en camión (TMA Por sus siglas en inglés)

En los ensayos con los vehículos 700C o 820C, el camión de apoyo debe colocarse contra una barrera rígida para evitar cualquier movimiento hacia adelante.

En los ensayos con el vehículo 2000P, el camión de apoyo debe colocarse sobre una superficie limpia, seca y pavimentada. Se recomiendan superficies asfálticas o de hormigón de cemento portland. Deben evitarse las superficies pulidas o asfálticas sangradas que pudieran disminuir la fricción neumático-pavimento disponible.

En los ensayos con el vehículo 2000P, el camión de apoyo debe estar en segunda velocidad con frenos de estacionamiento puestos. Los neumáticos delanteros no deben tener ningún ángulo de dirección; es decir, que no se deben estar girados ni a izquierda o derecha.

2.4 VEHÍCULOS DE ENSAYO

2.4.1 Descripción de vehículos de ensayo

El desempeño al impacto de un dispositivo-de-seguridad vial puede evaluarse con un modelo de vehículo de producción comercialmente disponible, o con un vehículo sustituto validado. Normalmente se usan vehículos de modelo de producción.

2.4.1.1 Vehículos de ensayo de modelo de producción

Las propiedades recomendadas de vehículos de ensayo de modelo de producción se dan en las Tablas 2.1 y 2.2. Los vehículos 700C y 820C son coches livianos, el vehículo 2000P es una camioneta, el vehículo 8000S es un camión de unidad simple, el vehículo 36000V es una unidad semirremolque tipo caja, y el vehículo 36000T es una unidad semirremolque tanque. La parte numérica de la denominación de los vehículos de ensayo es la masa del vehículo en kilogramos.

En general, cualquier vehículo de ensayo debe estar en buenas condiciones y sin daños en la carrocería principal y sin partes estructurales que falten (por ejemplo, puertas, parabrisas, capó, etc.). Habitualmente los vehículos especiales no son aceptables, ya que no poseen características de suspensión y de manejo de los vehículos típicos. Cualquier equipo instalado de fábrica (frenos y dirección de potencia, aire acondicionado, etc.) está permitido, siempre y cuando se encuentre en la carrocería. Para reducir la exposición a riesgos innecesarios, se debe vaciar el depósito de combustible del vehículo y quitar la batería de los vehículos de ensayo que funcionan de forma remota. Los paragolpes de los vehículos 700C, 820C, y 2000P deben ser de equipamiento de serie y sin modificaciones para el ensayo; debe informarse la configuración y altura sobre el piso. El tamaño de los neumáticos debe ser de acuerdo con el tamaño sugerido por el fabricante para cada vehículo del ensayo respectivo. En el ensayo de los vehículos 700C, 820C, y 2000P deben usarse neumáticos viales de todo-tiempo; no deben usarse neumáticos para barro o nieve.

Se recomienda seleccionar el vehículo 700C desde uno de los dos modelos superiores, en términos de ventas para el año modelo dado, para coches con una masa en vacío de aproximadamente 750 kg o menos. Se recomienda que el vehículo 820C se seleccione de uno de los dos modelos superiores, en términos de ventas para el año modelo dado, para vehículos con una masa en vacío del rango 750 kg a 845 kg. Los datos de ventas de coches se pueden obtener del *"Market Data Book" Automotive News*, o *"Automotive Year Book" Wards Reports, Inc.* Se debe referir al comentario para proseguir los debates relativos al vehículo 820C.

Aunque puede ser posible cumplir las propiedades recomendadas del vehículo 2000P con una camioneta ½-ton, se recomienda un pickup de ¾-ton. Debe tener una cabina normal o convencional; no debería tener una cabina "tripulación" extendida. Debe tener una cama normal o convencional; no debería tener una cama especial, como un "Sportside", un "Stepside", o un "Flareside." Debería tener sólo un eje de tracción trasera. Es aceptable para la camioneta pickup tener una opción de suspensión de servicio pesado provisto por el fabricante. Deben evitarse los sistemas especiales de suspensión que alteran la ubicación del centro de gravedad según fabricante.

El año de modelo de los vehículos 700C, 820C y 2000P debe estar en los 6 años de año de ensayo, a menos que la agencia usuaria especifique lo contrario. Las excepciones a las limitaciones de edad son aceptables si se puede demostrar que las propiedades clave del vehículo de ensayo son esencialmente las mismas que las de un vehículo que supere todos los requisitos recomendados. Las propiedades más importantes incluyen las indicados en la Tabla 2.1, más propiedades no especificadas que pueden cambiar con éxito modelos de los años, como las propiedades de fuerza-deformación dinámica del paragolpes frontal y la estructura del vehículo, y del perfil vehicular definido por la altura del paragolpes, la altura del capó, el barrido del capó, el barrido del parabrisas, y la altura del parabrisas.

En la Tabla 2.2 se incluyen tres vehículos de ensayo pesados, junto con propiedades recomendadas. Aunque los ensayos se realizaron con cada uno de estos vehículos, la experiencia acumulada hasta la fecha es limitada e insuficiente para establecer claramente la adecuación de estos vehículos de dispositivos-de-seguridad de ensayo, o establecer especificaciones bien definidas.

No se especifica un límite de edad para los vehículos de ensayo pesados. Si es factible, deberían ser de fabricación reciente. Deben ser representativos de los diseños usados. El paragolpes del camión semirremolque debe ser equipo original o uno con capacidad estructural mínimo. No deben usarse paragolpes grandes, rígidos, hechos a medida.

El remolque del vehículo de ensayo 36000V debe tener un diseño estructural semimonocoque. Debe tener un chasis de deslizamiento (ejes de deslizamiento) para unir el bastidor del remolque a las ruedas en tándem. Estos ejes no deben ser alterados de ninguna manera para el ensayo.

Tabla 2.1 Propiedades recomendadas de vehículos de ensayo 700C, 820C , 2000P

Propiedad	700C (Auto liviano)	820C (Auto liviano)	2000P (camioneta pickup)
MASA (kg)			
Ensayo inercial	700 ± 25	820 ± 25	2000 ± 45
Maniquí	75	75	-
Máx. Lastre	70	80	200
Bruto estático	775 ± 25	95 ± 25	2000 ± 45
DIMENSIONES (cm)			
Distancia entre ejes	230 ± 10	230 ± 10	335 ± 25
Voladizo delantero	75 ± 10	75 ± 10	80 ± 10
Longitud total	370 ± 20	370 ± 20	535 ± 25
Ancho de huella ^b	135 ± 10	135 ± 10	165 ± 15
UBICACIÓN CENTRO DE MASA ^a (cm)			
Popa de Eje Delantero	80 ± 15	80 ± 15	140 ± 15
Encima del suelo	55 ± 5	55 ± 5	70 ± 5
UBICACIÓN DE MOTOR	Frente	Frente	Frente
UBICACIÓN DEL EJE	Frente	Frente	Atrás
TIPO DE TRANSMISIÓN	Manual o Automático	Manual o Automático	Manual o Automático

^a Para masa de "ensayo inercial"

^b Promedio de los ejes delantero y trasero

2.4.1.2 Vehículos de ensayo sustitutos

Un vehículo o dispositivo de ensayo sustituto puede usarse en lugar de un vehículo de ensayo modelo de producción, con tal que: (1) se pueda demostrar que el sustituto posee propiedades esenciales del vehículo de ensayo modelo de producción que se pretende replicar, y (2) el vehículo modelo de producción que se pretende replicar cumple las recomendaciones de la Sección 2.4.1.1. En 1993 no existía una metodología ampliamente aceptada por la cual un dispositivo sustituto podría ser diseñado y validado para replicar un vehículo dado al impactar un dispositivo-de-seguridad. En ausencia de tal metodología, la determinación de la validez y pertinencia de un dispositivo sustituto debe ser hecha por la agencia usuaria adecuada; es decir, el organismo encargado de seleccionar e instalar el dispositivo de seguridad evaluado por el sustituto.

En los últimos años, al evaluar la ruptura de soportes de luminarias y señales se usaron dos tipos de dispositivos de sustitución; a saber, un carretón de cuatro ruedas y un péndulo. El carretón se usó como sustituto de un coche liviano, y se usó para ensayos de baja y alta velocidad. El péndulo se usó como un sustituto para un coche liviano para impactos a baja velocidad.

Tabla 2.2 Propiedades recomendadas de vehículos de ensayo 8000, 36000V y 36000T

Propiedad	8000S (Unidad-simple de Carga)	36000V (Semirremolque Caja)			36000T (Semirremolque Tanque)		
		Tractor ^g	Remolque ^e	Combinado	Tractor ^g	Remolque ^e	Combinado
Masa (kg)							
Masa vehicular	5.450 ± 450	N/S	N/S	13200 ± 1400	N/S	N/S	13200 ± 1400
Lastre ^d	Según necesidad	N/A	Según necesidad	N/A	N/A	Según necesidad	N/A
Inercial	8000 ± 200	N/S	N/S	36000 ± 500	N/S	N/S	36000 ± 500
Dimensiones (cm)							
Distancia entre ejes	535 (máx)	480 (máx)	N/S	N/A	480 (máx)	N/S	N/A
Longitud Total	870 (máx)	N/S	1525 (máx)	1985 (máx)	N/S	N/S	1985 (máx)
Voladizo Remolque ^a	N/A	N/A	220 (máx)	N/A	N/A	185 (máx)	N/A
Altura Cama de Carga ^b (sobre el suelo)	130 ± 5	N/A	132 ± 5	N/A	N/A	N/A	N/A
Ubicación Centro de masa (cm)							
Lastre ^d (sobre el suelo)	170 ± 5	N/A	185 ± 5	N/A	N/A	205 ± 10	N/S
Inercial (sobre el suelo)	125 ± 5	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S

- Distancia de la parte posterior del remolque al centro de los tandems remolque.
- Sin lastre
- Si el remolque equipado con ejes deslizantes, que deben fijarse en la posición más retrasada.
- Ver la sección 2.4.2.2 para los procedimientos de lastrados recomendados.
- Es preferible que la estructura del remolque sea de tipo de construcción "semimonoscope". Es preferible usar un chasis deslizante (ejes de deslizamiento) para unir los tandems del remolque al bastidor más alto.
- Es preferible que un tanque de gasolina con una sección transversal elíptica ser usado.
- Tractor debe ser un modelo de cabina-detrás-motor, no un modelo de cabina sobre el motor. N/A - No aplicable.

N/S-No especificado

Los carretones actuales no tienen la capacidad de evaluar los efectos de ensayo de contacto del artículo con el techo, parabrisas, o tren de aterrizaje de un vehículo. Como tales, no deben usarse cuando se prevén tales contactos. Los ensayos anteriores demostraron que dispositivos como un buzón, cajas de llamadas de emergencia, y luces intermitentes colocadas en tambores o barricadas tienden a separarse de su apoyo durante un impacto de alta velocidad, y por lo tanto tienen el potencial de impactar y penetrar en el parabrisas. Los ensayos de carretón en los que se producen estos tipos de contacto, o pudieran ocurrir si se hubiera usado un vehículo de modelo de producción, deben repetirse con un vehículo de modelo de producción. Se recomienda construir el sustituto para replicar propiedades de un vehículo de específico modelo de producción, en comparación con un vehículo genérico. Aceptable vehículos de modelo de producción que pueden ser replicadas son los que satisfacen los requisitos de la Sección 2.4.1.1.

2.4.1.3 Camión usado en el ensayo TMA

El camión o vehículo de soporte al cual está unido un atenuador o amortiguador de impacto para un ensayo TMA debe representar el tipo y masa (incluida la carga típica) del vehículo comúnmente usado en-servicio. Si se usan vehículos de diferentes tipos y masas, debe considerarse la posibilidad de realizar la serie de ensayos recomendados (Sección 3.2.4) usando un vehículo de los extremos inferior y superior, en términos de masa. En ausencia de un vehículo de apoyo común, se recomienda ensayar el TMA con un vehículo soporte de masa inercial de 9000 + 450 kg. Puede que sea posible extrapolar los resultados de un ensayo de TMA para vehículos de soporte de diferente masas. En el momento de preparación de este documento, no había procedimientos documentados para dichas extrapolaciones.

2.4.2 Propiedades de masa

2.4.2.1 Vehículo de ensayo

Las propiedades de la masa del vehículo son factores importantes en el desempeño de un dispositivo-de-seguridad vial. Normalmente, en los ensayos de algún aspecto vehicular se consideran las propiedades de: las masas soportadas por el sistema de suspensión (*sprung mass*) y las masas no soportadas por el sistema de suspensión (*unsprung mass*); la masa vehicular, las masas de ensayos inerciales, masas de maniquís, masa de lastre, y masa de equipamiento de ensayo. Para este documento, las propiedades de masa de mayor importancia son:

- 1) **Masa vehicular**, es la masa del vehículo de ensayo en su condición de fabricación estándar, en el que todos los depósitos de líquido están llenos y el vehículo no contiene ocupantes ni carga. En general, la masa de los vehículos 700C, 820C, y 2000P no debe variar significativamente de la masa inercial.
- 2) **Masa inercial de ensayo**, es la masa del vehículo de ensayo (incluyendo la masa en muelles y masas no suspendidas) y todos los artículos, incluidos lastre y equipo de ensayo unidos rígidamente a la estructura del vehículo. La masa de maniquís, con independencia del grado de restricción, no se incluye en el ensayo de masa inercial.
- 3) **Masa de lastre de simulación suelto**, carga sin restricciones usada en ensayos especiales para evaluar los efectos de la carga suelta.
- 4) **Masa bruta total estática**, de ensayo inercial y masa de maniquí. Para los ensayos especiales, es la suma de la masa de ensayo inercial, masa de maniquí, y masa de lastre suelto.
- 5) **Masa de maniquís**, de los ocupantes sustitutos.

Los vehículos de ensayo 700C, 820C, y 2000P deben seleccionarse de manera que sólo sean necesarios ajustes mínimos a la masa vehicular para obtener la masa inercial de ensayo. Con la excepción de asientos, neumáticos de repuesto, tanque de combustible, batería, fluidos y equipos opcionales, los componentes no deben retirarse del vehículo para cumplir los requisitos de masas.

2.4.2.2 Lastre

Para los vehículos 700C, 820C, y 2000P, se puede añadir como necesaria lastre fijo para llevar la masa inercial de ensayo a los límites de la Tabla 2.1. La masa total agregada no debe superar el 10% de la masa nominal del ensayo inercial dado en la Tabla 2.2. El lastre puede añadirse en la forma siguiente:

Vehículos 700C y 820C. Bloques de hormigón o metal pueden colocarse en el compartimiento de pasajeros, rígidamente unidos a la estructura del vehículo por medio de correas metálicas u otros dispositivos capaces de sostener las cargas de impacto esperado (si las cargas esperadas son desconocidas, los sostenes pueden diseñarse para cargas iguales a un mínimo de 20 veces las masas de bloques). El lastre debe colocarse de manera que reduzca al mínimo los cambios en la ubicación del centro de masa del vehículo en su configuración "masa vehicular", en consonancia con las necesidades del equipo de ensayo y su ubicación.

Vehículo 2000P. En el compartimento de pasajeros pueden colocarse bloques de hormigón o metal, rígidamente unidos a la estructura del vehículo por medio de correas metálicas u otros dispositivos capaces de sostener las cargas del impacto esperado (si las cargas esperadas son desconocidos, los sostenes pueden diseñarse para cargas iguales a un mínimo de 20 veces las masas de los bloques). El lastre debe colocarse de manera que reduzca al mínimo los cambios en la ubicación del centro de masa del vehículo en su configuración "masa vehicular", en consonancia con las necesidades de equipo de ensayo y su ubicación. Opcionalmente, placas metálicas pueden colocarse y unirse rígidamente a la cama de la camioneta, inmediatamente detrás de la cabina mediante correas metálicas u otros dispositivos capaces de sostener las cargas de impactos esperados. La dimensión vertical (altura) de las placas no debe exceder de 7,5 cm. Las placas deben orientarse simétricamente con respecto a la línea central proa-popa del vehículo y de manera que reduzca al mínimo los cambios en la posición del centro de masa del vehículo para su configuración "masa vehicular".

Para los vehículos 8000S, 36000V y 36000T, será necesario añadir lastre para simular la carga y obtener una masa nominal de ensayo inercial recomendada dada en la Tabla 2.2. Se recomienda hacerlo de la siguiente manera:

Vehículo 8000S. Típicamente, será necesario añadir aproximadamente 2.600 kg de lastre en el vehículo 8000S para obtener la masa inercial de ensayo nominal dada en la Tabla 2.2. Esto se puede obtener mediante bolsas de arena en colchones, fardos de heno, u otros medios. En la medida de lo posible, el lastre debe distribuirse uniformemente a lo largo de la longitud y anchura de la furgoneta. El lastre debe estar firmemente asegurado para evitar el movimiento durante y después del impacto.

Vehículo 36000V. Por lo general, será necesario agregar aproximadamente 23.000 kg de lastre en el remolque del vehículo 36000V para obtener la masa inercial de ensayo nominal dado en la Tabla 2.2. Esto se puede obtener por sacos de arena en colchones u otros medios. En la medida de lo posible, el lastre debe distribuirse uniformemente a lo largo de la longitud y la anchura del remolque. El lastre debe estar firmemente asegurado para evitar el movimiento durante y después del impacto.

Vehículo 36000T. Al remolque-tanque se le debe agregar agua para obtener una masa de ensayo inercial nominal dado en la Tabla 2.2. La mayoría de los remolques-tanque están compartimentados y, si todos los compartimientos están llenos de agua, puede rebasarse la masa inercial de ensayo recomendado. En tal caso, se recomienda que compartimientos seleccionados se llenen de modo de dar una distribución aproximadamente uniforme de lastre a lo largo de la longitud del remolque y para dar el centro de masa más alto posible de lastre.

Camión soporte usado en el ensayo TMA. Según el tipo de camión-soporte usado en un ensayo de TMA, puede ser necesario añadir lastre para obtener la masa inercial de ensayo deseado. El lastre necesario debe estar firmemente asegurado para evitar el movimiento durante y después del impacto.

2.4.3 Propulsión y freno

El vehículo de ensayo se puede empujar, remolcar, o autopropulsar hasta la velocidad del ensayo programado. Si se lo empuja o remolca, el mecanismo propulsor debe desconectarse antes del impacto, para permitir que el vehículo esté en "rueda-libre" durante y después del choque. Para los vehículos auto-alimentados, el encendido debe estar apagado justo antes del impacto. La aplicación de los frenos se debe retrasar el tiempo que con seguridad permita establecer la trayectoria sin frenos. Como mínimo, los frenos no se deben aplicar hasta que el vehículo haya recorrido al menos dos longitudes de vehículo, además de 25 m desde el punto del último contacto con el artículo de ensayo. La posición del vehículo en el momento de la aplicación del freno debe ser informado para cada ensayo.

En una medida muy limitada se usaron conductores vivos para ensayar los choques cuando se creía que los riesgos eran muy pequeños. En esos casos, el conductor acelera el vehículo a la velocidad de impacto deseado y conduce el vehículo en el artículo de ensayo o dispositivo en el ángulo de impacto deseado. Generalmente se toman precauciones especiales para proteger al conductor de un desempeño inesperado del artículo vehículo o ensayo. La experiencia demostró que el vehículo o artículo de ensayo en incluso un ensayo aparentemente simple pueden responder de manera totalmente inesperada. A menos que los riesgos conocidos sean extremadamente

pequeños, o el ensayo implica necesariamente los efectos de la respuesta del conductor (problemas tales como ensayos para evaluar la respuesta del conductor hasta la caída de borde), el uso de un conductor vivo está totalmente desaconsejado.

2.4.4 Encauzamiento

El método de encauzamiento del vehículo de ensayo antes del impacto es opcional, siempre que el sistema de guía o sus componentes no impliquen cambios significativos en la dinámica del vehículo durante e inmediatamente después del choque. El volante de dirección no debe estar constreñido, a menos que sea esencial para los propósitos del ensayo de seguridad. Si el volante es limitado, el carácter de esta restricción debe documentarse claramente.

2.5 OCUPANTES SUSTITUTOS

En ciertos ensayos para evaluar el efecto masa añadida y/o evaluar la cinemática del ocupante, se recomienda un ocupante sustituto. La principal medida de riesgo se determina por el modelo hipotético "espacio de azoteo, o de mayal"

Puede usarse un maniquí para complementar otras medidas de riesgo de los ocupantes; si se desea, se recomienda usar maniquí Híbrido III, sólo válido para impactos frontales, en los que el movimiento simulado es esencialmente paralelo al eje vehicular longitudinal (eje x, Figura 4.6). No hay ficción capaz de simular con precisión la cinética y la cinemática de un ocupante para los movimientos oblicuos, en los que el movimiento de los ocupantes tiene ambos componentes X e Y. Los movimientos oblicuos de los ocupantes se produce normalmente cuando el vehículo se redirige lejos del dispositivo impactado, tal como una barrera longitudinal. No se recomienda la Instrumentación del ocupante sustituto, a menos que se utilice el maniquí Híbrido III.

Un maniquí antropométrico, tales como el híbrido I o II maniquí, o por otros medios, tales como sacos de arena, un bloque de hormigón, y así sucesivamente, se puede usar para simular el efecto de masa añadido de un ocupante. Si se usan bolsas de arena, que deben ser empaquetados en bolsas de tela de fuerza suficiente para evitar la ruptura durante el ensayo. Cuando se usa, un maniquí debe ser sujeto con el sistema de retención de ocupantes existente en el vehículo de ensayo. Cuando se usan, las bolsas de arena o bloques de hormigón deben estar asegurados para evitar el movimiento durante el impacto. Como se indica en la Tabla 2.1, el ocupante sustituto debe ser representativo de hombre del percentil 50 con una masa de aproximadamente 75 kg.

Con la excepción de ensayos con el 700C y 820C de los vehículos, el uso de un ocupante del sustituto es opcional. En los ensayos con los vehículos 700C y 820C, un ocupante sustituto se especifica principalmente para evaluar la distribución de la masa vehículo asimétrico típico y su efecto sobre la estabilidad del vehículo ya que la masa del maniquí es de 8 a 10% de la masa del vehículo. Si se usa para sólo el efecto masa añadida, el ocupante sustituto debe colocarse en cualquiera de los asientos del conductor o en el asiento del pasajero, cualquiera que sea la posición que más contribuya a la inestabilidad posterior al impacto del vehículo, o momento de guiño en el vehículo. Por ejemplo, en un impacto frontal, descentrado, en un terminal o soporte flexible/quebradizo, con un impacto en la parte delantera izquierda del vehículo, el ocupante sustituto debe estar en el asiento del pasajero. Si el instrumentado Híbrido III ficticio se usa para evaluar el riesgo de los ocupantes en caso de impacto frontal, debe colocarse en el asiento delantero, en el lado más cercano al punto de impacto para los impactos descentrados; y en el asiento del conductor para los impactos descentrados.

Cuando se usa un sustituto del ocupante o el maniquí Híbrido III en el vehículo 2000P, la colocación y la condición de retención deben ser como para los vehículos 700C y 820C.

Un maniquí también se debe usar si hay una expectativa razonable de que la interacción artículo ocupante/ensayo tendrá lugar durante o después del impacto, o ambas cosas. Por ejemplo, durante un impacto con una barrera longitudinal "alta", la cabeza del ocupante puede sobresalir a través de la ventana lateral y golpear la barrera. El maniquí deberá colocarse ya sea en el asiento del conductor o del lado del pasajero del asiento delantero, el que **está** más cerca del punto de impacto. Se debe usar una cámara a bordo para registrar el movimiento simulado cuando se espera la interacción artículo ocupante/ensayo.

Para los vehículos 8000s, 36000V, y 36000T, cuando se usa un maniquí, debe colocarse en el asiento del conductor y debe restringirse con el sistema de retención existente.

La experiencia obtenida de los ensayos de impacto lateral limitado muestra claramente la vulnerabilidad de un ocupante en el lado de impacto del vehículo, por lo general debido a las grandes intrusiones del artículo de ensayo en el habitáculo. La experiencia también demostró los riesgos para un ocupante en caso de choque, tales pueden ser evaluados por un maniquí de impacto lateral válido (74). Se puede hacer referencia al Apéndice G por una metodología para el ensayo de impacto lateral.

CAPÍTULO 3

CONDICIONES DE ENSAYO

3.1 GENERAL

Se dan guías sobre cómo evaluar el desempeño al impacto de varios dispositivos-de-seguridad. Los ensayos individuales se diseñan para evaluar uno o más de los principales factores de desempeño: adecuación estructural, riesgo de los ocupantes, y desempeño del vehículo posterior al impacto. Estos criterios de evaluación se presentan en el Capítulo 5.

Según la dispositivo-de-seguridad en evaluación, hay hasta seis niveles de ensayo para seleccionar. En general, los niveles de ensayo inferiores son aplicables para evaluar dispositivos a usar en caminos de nivel de servicio inferior y ciertos tipos de zonas-de-trabajo, mientras que los niveles más altos de ensayo son aplicables para evaluar dispositivos para usar en caminos de más alto nivel de servicio, o en lugares que exigen un dispositivo-de-seguridad especial de alto desempeño. Los niveles de ensayo 4 a 6 sólo son aplicables a las barreras longitudinales.

Los requisitos del ensayo Nivel 3 son similares a los definidos en las "Condiciones de Ensayo de Choques para Matriz Mínima" del *Informe NCHRP 230* (1). En el Nivel 3 se calificaron la mayoría de los dispositivos-de-seguridad vial en uso en los EUA. Desde la publicación del *Informe 230* se produjo un mayor reconocimiento de los méritos de adaptar el desempeño y el costo de los dispositivos-de-seguridad a los requisitos del lugar, razón de los múltiples niveles de los ensayos presentados aquí. Está más allá del alcance de este documento justificar los diversos niveles de ensayo.

Es responsabilidad de la agencia(s) usuaria determinar cuál de los niveles de ensayo es más apropiado para aplicar a un dispositivo previsto. Las agencias deben desarrollar pautas objetivas al usar los elementos de seguridad vial, teniendo en cuenta factores tales como el estado del tránsito, condiciones del lugar, volumen y composición del tránsito, y la rentabilidad de las opciones de seguridad candidatas. Se prevé que los dispositivos-de-seguridad calificados para el nivel de ensayo 3 seguirán siendo aceptables para un amplio rango de caminos arteriales de alta velocidad. Se espera que el nivel de ensayo 2 para dispositivos calificados se considere aceptable para la mayoría de los caminos locales y colectores, y muchas zonas-de-trabajo. Se espera que el nivel de ensayo 1 de dispositivos calificados se considere aceptable para algunas zonas-de-trabajo y de muy bajo volumen, calles locales y caminos de baja velocidad. Probablemente, la aplicabilidad de los niveles de ensayo 4 a 6 será determinada por el volumen de tránsito de camiones y vehículos pesados y/o las consecuencias de la penetración, más allá de la barrera longitudinal.

Aunque los ensayos con el vehículo 700C son deseables, son opcionales porque: (1) este tipo de vehículo representa sólo una porción muy pequeña de la proporción de vehículos y (2) no hay ninguna garantía de que un dispositivo existente cumpla los criterios de desempeño recomendados o que esos nuevos dispositivos satisfagan plenamente los criterios de desempeño recomendados para estos ensayos. En el ínterin, hasta que se adquiera experiencia suficiente de ensayos con el vehículo tipo 700C, el artículo de ensayo debe realizar aceptablemente con todos los ensayos adecuados usando los vehículos tipo 820C y 2000P, y preferiblemente debe realizarse aceptablemente durante los ensayos con el vehículo tipo 700C. Se puede suponer que los artículos de ensayo que se realizan aceptablemente con los vehículos tipo 700C y 2000P también se realizarán aceptablemente con el vehículo 820C; por lo tanto, no es necesario ensayar los vehículos 820C.

En gran parte, los ensayos recomendados en este documento se basan en la experiencia pasada. No es posible anticipar la forma que los nuevos diseños tendrán, ni las condiciones de impacto críticos de estos nuevos diseños. Como tal, las matrices de ensayo presentadas en esta sección no deben ser vistas como todo incluido. La agencia responsable debe idear otras condiciones de ensayo críticas coherentes con el rango de condiciones de impacto esperados. Si se justifican, pueden realizarse ensayos adicionales para evaluar un dispositivo en condiciones no ideales, como barrera longitudinal con alineamiento curvilíneo, ubicación de un dispositivo en terreno no llano, o detrás de un cordón (bordillo, solera).

Es común que un diseñador/probador cambie el diseño de un dispositivo durante la serie de ensayos recomendados, o después de finalizar con éxito la serie de ensayos. A menudo los cambios mejoran el desempeño o reducen el costo del diseño, o ambos. Entonces, invariablemente surgen cuestiones en cuanto a la necesidad de repetir cualquiera o todos los ensayos recomendados. En estos casos se debe usar el buen juicio de ingeniería. Como regla general, un ensayo debe repetirse si hay una incertidumbre razonable sobre el efecto que el cambio tendrá en el ensayo.

Cada ensayo en una matriz dada tiene una "designación ensayo" específica de la forma "i-jk". La "i" se refiere al nivel de ensayo y "jk" se refiere al número de ensayos. Las designaciones de ensayo precedidas por una "S" se refieren a los ensayos opcionales con el vehículo 700C.

3.2 MATRICES DE ENSAYOS

3.2.1 Barreras longitudinales

3.2.1.1 *General*

Los seis niveles de ensayos recomendados para evaluar las barreras longitudinales se presentan en la Tabla 3.1. Se debe referir el Glosario para las definiciones de longitud de necesidad (LDN) y transiciones. Estas guías son aplicables a barreras permanentes y barreras temporales usadas en zonas-de-trabajo o construcción. Salvo condiciones muy inusuales, normalmente una barrera temporal no se diseña para condiciones de impacto superior a Nivel de ensayo 3.

3.2.1.1 *Descripción de los ensayos*

Ensayo 10

El Ensayo 10 se realiza para la sección LDN para todos los niveles de ensayo. El propósito de este ensayo de coches pequeños es evaluar el desempeño de la sección LDN en general, y los riesgos de los ocupantes, en particular.

Ensayo 11 y 21

Los Ensayos 11 para la sección de LDN y el 21 para la sección de transición se realizan para los niveles de ensayo 1 a 3. Tienen la finalidad de evaluar la fuerza de la sección para contener y redireccionar el vehículo de ensayo 2000P. Los Ensayos 11 y 21 son opcionales para los niveles de ensayo 4, 5 y 6. Deben realizarse si existe una incertidumbre razonable respecto del desempeño al impacto del sistema para estos ensayos. Se recomienda examinar cuidadosamente los resultados de los ensayos de 12 y 22 antes de realizar los ensayos de 11 y 21. Los Ensayos 12 y 22 establecerán la adecuación estructural básica de la barrera. Un desempeño satisfactorio para los ensayos de 12 y 22 no asegura un desempeño satisfactorio para los ensayos de 11 y 21. Por ejemplo, puede haber incompatibilidades geométricas entre la barrera y el vehículo 2000P que podrían resultar en excesivos enganches o embolsamientos.

Ensayo 20

Para una sección de transición, el Ensayo 20 es un ensayo opcional para evaluar los criterios de riesgo de ocupante y de trayectoria posimpacto para todos los niveles de ensayo. Se debe realizar si hay una incertidumbre razonable con respecto al desempeño al impacto del sistema para este ensayo. Los resultados del Ensayo 21 deben examinarse cuidadosamente antes de realizar el Ensayo 20. El Ensayo 21 establecerá la adecuación estructural de la transición. El desempeño satisfactorio para el Ensayo 21 no asegura un desempeño satisfactorio para el Ensayo 20. Por ejemplo, puede haber incompatibilidades geométricas entre la transición y el vehículo 820C que podrían provocar un fallo por excesivos enganchamientos y embolsamientos.

Tabla 3.1 Matriz de ensayo para barreras longitudinales

Nivel Ensayo	Sección Barrera	Código Ensayo	Condiciones Impacto ^c			Punto Impacto	Criterios Eval. ^d (Ver tabla 5-1)
			Vehículo	Vel. km/h	Ángulo de impacto ^e		
1	Longitud de necesidad	1-10	820C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S1-10 ^a	700C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		1-11	2000P	50	25	(b)	A, D, F, K, L, M
	Transición	1-20 ^u	820C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S1-20 ^d	700C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		1-21	2000P	50	25	(b)	A.D.F.K.L.M
2	Longitud de necesidad	2-10	820C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S2-10 ^a	700C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		2-11	2000P	70	25	(b)	A, D, F, K, L, M
	Transición	2-20 ^u	820C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S2-20 ^a	700C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		2-21	2000P	70	25	(b)	A.D.F.K.L.M
3 Nivel Básico	Longitud de necesidad	3-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S3-10 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		3-11	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
	Transición	3-20 ^u	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S3-20 ^d	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		3-21	2000P	100	25	(b)	A.D.F.K.L.M
4	Longitud de necesidad	4-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S4-10 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		4-11d	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		4-12	8000S	80	15	(b)	A, D, G, K, M
	Transición	4-20d	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S4-20 ^d	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		4-21 ^u	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		4-22	8000S	80	15	(b)	A, D, G, K, M
5	Longitud de necesidad	5-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S5-10 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		5-11 ^u	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		5-12	36000V	80	15	(b)	A, D, G, K, M
	Transición	5-20 ^u	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S5-20 ^d	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		5-21 ^u	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		5-22	36000V	80	15	(b)	A, D, G, K, M
6	Longitud de necesidad	6-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S6-10 ^d	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		6-11 ^u	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		6-12	36000T	80	15	(b)	A, D, G, K, M
	Transición	6-20 ^u	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S6-20 ^d	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		6-21 ^u	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		6-22	36000T	80	15	(b)	A, D, G, K, M

^a Ensayo opcional. Ver sección 3.1.^b Ver Figura 3.1 para el punto de impacto.^c Ver la Sección 3.3.2 para tolerancias^d Los ensayos pueden ser opcionales. Consulte la Sección 3.2.1.2.^e Los criterios entre paréntesis son opcionales.

Ensayo 12 y 22

El Ensayo 12 para la sección de LDN y el 22 para la sección de transición se realizan para los niveles de ensayo 4, 5, y 6. Tienen la intención de evaluar la resistencia de la sección en la contención y redirección de los vehículos pesados de ensayo.

La Sección 3.4.2 guía sobre cómo determinar el punto de impacto crítico (PIC,) Figura 3.1. Según el diseño de barrera, puede haber dos PIC. Por ejemplo, una baranda de puente con una unión situado entre postes de soporte puede tener dos PIC: uno que produciría la carga máxima sobre el empalme, y otro que tendría el mayor potencial para causar enganches de rueda o embolsamiento vehicular. Como otro ejemplo, una transición puede tener un PIC en la proximidad del extremo aguas arriba y otro en la proximidad del extremo aguas abajo. Si un ensayo no puede evaluar ambos puntos de preocupación, puede ser necesario realizar el ensayo relevante en ambos puntos de interés. Ver Sección 3.4.2.

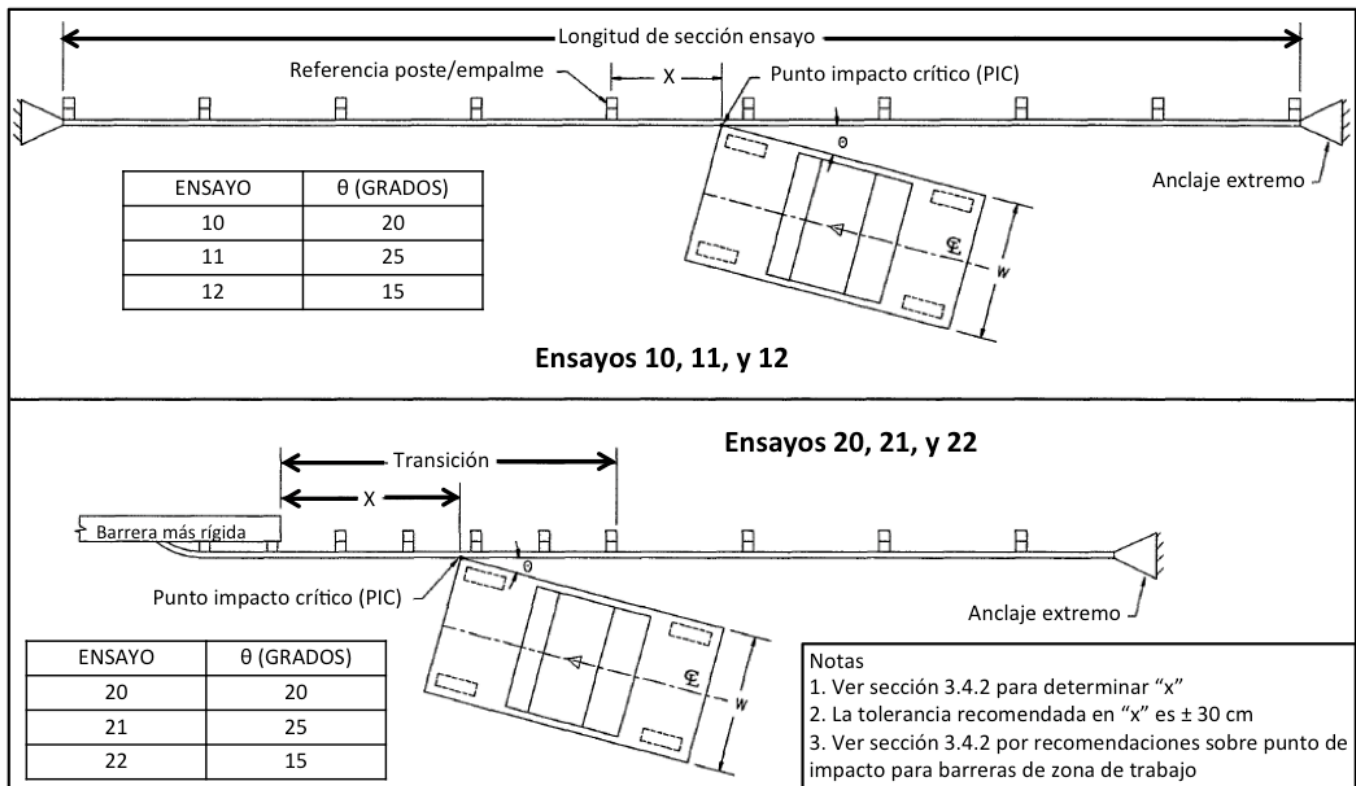


Figura 3.1. Condiciones de impacto para los ensayos de barrera longitudinales.

3.2.2 Terminales y amortiguadores de impacto

3.2.2.1 General

Los Ensayos recomendados para evaluar los terminales y los amortiguadores de impacto se presentan en la Tabla 3.2. Se debe referir al Glosario para las definiciones de estos dispositivos-de-seguridad. Estas guías son aplicables tanto a rasgos permanentes y dispositivos temporales usados en las zonas-de-trabajo o de construcción. Los requisitos de desempeño de impacto de un terminal y un amortiguador de impacto redirectivo son los mismos.

Los requisitos de impacto en el desempeño y capacidad de un amortiguador de impacto no-redirectivo son considerablemente menores que los de un amortiguador de impacto redirectivo. Un amortiguador de impacto redirectivo es sometido a más ensayos, y los requisitos son más rigurosos. Por ejemplo, se recomienda que el Ensayo 38 se realice en el punto de impacto crítico (PIC) del amortiguador de un impacto redirectivo. Sería difícil

realizar un ensayo exitoso similar en el caso de un amortiguador de impacto no-redirectivo. Como consecuencia, las condiciones o lugares donde pueda usarse un amortiguador de impacto no-redirectivo pueden ser limitados. La agencia usuaria es responsable de determinar dónde son aplicables los dispositivos-de-seguridad tratados en este documento, incluyendo amortiguadores de impacto redirectivos y no-redirectivos.

Este documento se refiere a elementos o dispositivos como “gating” o “nongating”. Un dispositivo *gating* es uno diseñado para permitir la penetración controlada del vehículo en caso de choque entre el término e inicio del de la longitud de necesidad (LDN) del dispositivo. El ampliamente usado terminal quebradizo con cable ampliamente usado (BCT) es un dispositivo “gating”. Un dispositivo “non-gating” se diseña para contener y redirigir a un vehículo desde el inicio del dispositivo. Un terminal o un amortiguador de impacto con capacidades de redirección a lo largo de toda su longitud son dispositivos “non-gating”.

Tabla 3.2 a Matriz de ensayos para terminales y amortiguadores de impacto

Nivel Ensayo	Dispositivo	Tipo ^d	Código Ensayo	Condiciones Impacto ^c			Punto Impacto	Criterios Eval. ^d (Ver tabla 5-1)
				Vehículo	Vel. km/h	Ángulo de impacto (°)		
1	Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos	G/NG	1-30	820C	50	0	(b,e)	CrD, G, H, I, (J), K, N
		G/NG	S1-30 ^d	700C	50	0	(b,e)	C, D, G, H, I, (J), K, N
		G/NG	1-31	2000P	50	0	(b)	C, D, G, H, I, (J), K, N
		G/NG	1-32	820C	50	15	(b)	C,D, G, H, I, U), K, N
		G/NG	S1-32 ^d	700C	50	15	(b)	C, GDr, H, Ir (J), K,N
		G/NG	1-33	2000P	50	15	(b)	C, D, G, H, I,U), K, N
		G	1-34	820C	50	15	(b,e)	C, D, G, H, I, U1, K, N
		G	S1-34 ^d	700C	50	15	(b,e)	C, D, G, H, I, U), K, M
		G	1-35	2000P	50	20	(b)	A, D, G, H, I, J, K, M
		GN	1-36	820C	50	15	(b)	A, D, G, H, I, J, K, M
		GN	SI-36 ^d	700C	50	15	(b)	A, D, G, H, I, (J), K, M
		GN	1-37	2000P	50	20	(b)	A, D, G, K, L, M ;
		GN	1-38	2000P	50	20	(bl)	A, D, G, K, L, M
		G/NG	1-39	2000P	50	20	(b)	C, D, G, K, L, M, N i
	Amoritguadores de impacto no-redirectivos ^f	G	1-40	820C	50	0	(e,h)	C, D, G, H, I, (J), K
		G	S1-40 ^d	700C	50	0	(e,h)	C, D, G, H, I, (J) K
		G	1-41	2000P	50	0	(h)	C, D, G, H, I, (J) K
		G	1-42	820C	50	15	(h)	C, D, G, H, I, (J), K, N
		G	SI-42 ^d	700C	50	15	(h)	C, D, G, H, I, (J), K, N
		G	1-43	2000P	50	15	(h)	C, D, G, H, I, (J), K, N
		G	1-44	2000P	50	20	(h)	C, D, G, K, N

^a Ensayo opcional. Ver sección 3.1.

^b Ver Figura 3.2 para el punto de impacto.

^c Ver la Sección 3.3.3 para tolerancias en las condiciones de impacto

^d G/NG – Ensayo aplicable a dispositivos “gating” y “nongating”

G – Ensayo aplicable a dispositivos “gating” solamente

NG – Ensayo aplicable a dispositivos “nongating” solamente

^e Ver discusión en la Sección 3.2.2.2.

^f Ver discusión en la Sección 3.2.2.1 en relación con los amortiguadores de impacto no-redirectivos

^g Los criterios entre paréntesis son opcionales.

^h Ver Figura 3.3 para punto de impacto.

3.2.2.2 Descripción de los ensayos

A continuación se presenta una descripción de cada ensayo. Referir a las figuras 3.2 y 3.3 para conocer la orientación entre el vehículo y el dispositivo-de-seguridad ensayado.

Ensayo 30 y 40

Estos ensayos se realizan con el vehículo que se aproxima paralelo a la calzada, con impactos a izquierda o derecha de la línea central del vehículo. Principalmente se diseñan para evaluar los criterios de riesgo de ocupante y trayectoria del vehículo. El vehículo debe ser desplazado hacia el lado más crítico; es decir, el lado que se traducirá en el mayor riesgo para ocupantes durante y posterior al impacto, el reconocimiento de la dirección del vehículo tenderá a alabeo, cabeceo, y guiño posterior al impacto. Si el impacto es a la derecha de la línea central del vehículo, el vehículo tenderá a girar en sentido horario (visto desde arriba) o hacia la izquierda si el impacto es a la izquierda. También puede alabear y cabecear según la geometría y comportamiento del dispositivo al ser impactado.

Ensayos 31 y 41

Estos ensayos se realizan con el vehículo que se aproxima paralelo a la calzada con un impacto en la línea central del vehículo. Para un dispositivo diseñado para desacelerar un vehículo hasta una parada, estos ensayos están destinados a evaluar la capacidad del dispositivo para absorber la energía cinética del vehículo 2000P (criterios de adecuación estructural) de manera segura (criterios de riesgo de los ocupantes). Para otros tipos de dispositivos, estos ensayos están destinados principalmente a evaluar los criterios de riesgo de ocupante, y los criterios de trayectoria del vehículo.

Tabla 3.2 b Matriz de ensayos para terminales y amortiguadores de impacto

Nivel Ensayo	Dispositivo	Tipo ^d	Código Ensayo	Condiciones Impacto ^c			Punto Impacto	Criterios Eval. ^d (Ver tabla 5-1)
				Vehículo	Vel. km/h	Ángulo de impacto (°)		
2	Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos	G/NG	2-30	820C	70	0	(b,e)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	S 2-30 ^d	700C	70	0	(b,e)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	2-31	2000P	70	0	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	2-32	820C	70	15	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	S2-32 ^d	700C	70	15	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	2-33	2000P	70	15	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	2-34	820C	70	15	(b,e)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	S2-34 ^d	700C	70	15	(b,e)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	2-35	2000P	70	20	(b)	A, D, F, K, L, M
		GN	2-36	820C	70	15	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		GN	S2-36 ^d	700C	70	15	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		GN	2-37	2000P	70	20	(b)	A, D, F, K, L, M
		GN	2-38	2000P	70	20	(b)	A, D, F, K, L, M
		G/NG	2-39	2000P	70	20	(b)	C, D, F, K, L, M, N
	Amortiguadores de impacto no-redirectivos ^f	G	2-40	820C	70	0	(e,h)	C, D, F, H, I, (J), K
		G	S2-40 ^d	700C	70	0	(e,h)	C, D, F, H, I, (J), K
		G	2-41	2000P	70	0	(h)	C, D, F, H, I, (J), K
		G	2-42	820C	70	15	(h)	C, DrF, H, L, (J), K, N
		G	S2-42 ^d	700C	70	15	(h)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	2-43	2000P	70	15	(h)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	2-44	2000P	70	20	(h)	C, D, F, K, N

^a Ensayo opcional. Ver sección 3.1.

^b Ver Figura 3.2 para el punto de impacto.

^c Ver la Sección 3.3.3 para tolerancias en las condiciones de impacto

^d G/NG – Ensayo aplicable a dispositivos “gating” y “nongating”

G – Ensayo aplicable a dispositivos “gating” solamente

NG – Ensayo aplicable a dispositivos “nongating” solamente

^e Ver discusión en la Sección 3.2.2.2.

^f Ver discusión en la Sección 3.2.2.1 en relación con los amortiguadores de impacto no-redirectivos

^g Los criterios entre paréntesis son opcionales.

^h Ver Figura 3.3 para punto de impacto.

Ensayos 32 y 33

Los Ensayos 32 y 33 están destinados principalmente a evaluar los criterios de riesgo de los ocupantes y de la trayectoria del vehículo. A través de análisis de ingeniería, para algunos dispositivos puede ser posible demostrar, con un alto grado de confianza, que los ensayos de 32 y 33 son menos graves que los ensayos de 30 y 31. Por ejemplo, con toda probabilidad, los Ensayos 32 y 33 serían menos graves que los Ensayos 30 y 31, respectivamente, para el terminal quebradizo con cable (BCT) de baranda viga-W; el BCT es un dispositivo “gating”. En tales casos, los ensayos de 32 y 33 pueden ser opcionales. No obstante, los ensayos 32 y 33 deben realizarse para un dispositivo “gating” si hay una incertidumbre razonable sobre el desempeño de impacto del sistema, para estos ensayos.

Ensayos 34 y 35

Estos ensayos son aplicables únicamente a los dispositivos “gating”. En el Ensayo 34, el impacto debe estar en un PIC (definición en el Glosario) entre el extremo inicial del dispositivo y el comienzo de la LDN.

Mientras que se presentan criterios definitivos en la Sección 3.4.3 para estimar el PIC de los dispositivos seleccionados, no existen dichos criterios disponibles para esta aplicación en particular. La selección del PIC para el ensayo 34 se debe basar en la experiencia de ensayos con dispositivos similares, la simulación por computadora, si es posible, y el juicio. En la selección del PIC, se debe tener en cuenta el punto de mayor potencial de causar enganchamiento o embolsamiento, y el punto de mayor potencial para producir vuelco de vehículos. Por ejemplo, en el ensayo de un terminal abatido, la estabilidad vehicular es la preocupación principal, no que se enganchen o que se embolsen, y el PIC puede no ser a medio camino entre el extremo inicial de la terminal y el comienzo de la LDN. En ausencia de un PIC determinable, el Ensayo 34 puede realizarse con el punto medio de impacto inicial entre el extremo inicial del dispositivo y el comienzo de la LDN. El Ensayo 34 está pensado principalmente para evaluar los criterios de riesgo de los ocupantes y de trayectoria del vehículo. Principalmente, el Ensayo 35 es para evaluar la capacidad del dispositivo para contener y redirigir (criterios de adecuación estructurales) el vehículo 2000P en los criterios de la trayectoria del vehículo en el comienzo de la LDN.

Ensayos 36, 37, y 38

Estos ensayos son aplicables únicamente a los dispositivos “nongating”. En los ensayos 36 y 37, el punto de impacto debe estar en el extremo del terminal/amortiguador de impacto como se ilustra en la Figura 3.2. Los Ensayos 36 y 37 están destinados a evaluar la capacidad redireccional del dispositivo para impactos en o cerca de la nariz del dispositivo. El Ensayo 36 está pensado principalmente para evaluar los criterios de riesgo de los ocupantes y la trayectoria del vehículo. El Ensayo 37 está pensado principalmente para evaluar los criterios de suficiencia estructural y la trayectoria del vehículo. El Ensayo 37 creará una carga máxima en el sistema de anclaje en la nariz del dispositivo.

El Ensayo 38 difiere en propósito del Ensayo 37 en que este se destina a evaluar la posibilidad de embolsamiento o enganchamiento en la unión con el objeto que el dispositivo está escudando o terminando. El punto de impacto debería seleccionarse para maximizar el potencial de embolsamiento o enganchamiento. Las Guías para el PIC se dan en la Sección 3.4.3. El Ensayo 38 puede no ser necesario si la rigidez lateral del terminal/amortiguador de impacto es mayor que la del objeto que el dispositivo escuda o termina. Por ejemplo, sería necesario este ensayo para un terminal/amortiguador de impacto usado al final de una barrera rígida de hormigón. Puede que no sea necesario para un terminal/amortiguador de impacto usado al final de una barrera semirrígida. La determinación de la necesidad de este ensayo debe basarse en la experiencia en ensayos con dispositivos similares, la simulación por computadora de ser posible, y el juicio.

Ensayo 39

El Ensayo 39 es para evaluar el desempeño de un terminal/amortiguador de impacto para un golpe “inverso”. Para aplicaciones de costados de calzada o mediana, se recomienda este ensayo si

comúnmente el terminal/amortiguador de impacto se colocará comúnmente en la zona-despejada del tránsito opuesto.

Ensayo 42, 43, y 44

Estos ensayos se aplican sólo a un amortiguador de impacto no-redirectivo. Los Ensayos 42 y 43 están destinados a evaluar el riesgo de ocupante y las trayectorias de vehículos de pasajeros livianos y de gran tamaño, para un impacto en ángulo en la nariz del amortiguador. El Ensayo 44 es para evaluar la capacidad del amortiguador para detener con seguridad un vehículo grande de pasajeros, antes de un impacto potencialmente mortal con la esquina del objeto peligroso por escudar.

Tabla 3.2c Matriz de ensayos para terminales y amortiguadores de impacto

Nivel Ensayo	Dispositivo	Tipo ^d	Código Ensayo	Condiciones Impacto ^c			Punto Impacto	Criterios Eval. ^d (Ver tabla 5-1)
				Vehículo	Vel. km/h	Ángulo de impacto (°)		
3	Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos	G/NG	3-30	820C	100	0	(b,e)	C, D, F, H, L, (J), K, N
		G/NG	S3-30	700C	100	0	(b,e)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	3-31	2000P	100	0	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	3-32	820C	100	15	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	S3-32 ^a	700C	100	15	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G/NG	3-33	2000P	100	15	(b)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	3-34	820C	100	15	(b,e)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	S3-34 ^a	700C	100	15	(b,e)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	3-35	2000P	100	20	(b)	A, D, F, K, L, M
		GN	3-36	820C	100	15	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		GN	S3-36 ^a	700C	100	15	(b)	R: 0, M, H, I, (J), K, M
		GN	3-37	2000P	100	20	(b)	A, D, F, K, L, M
		GN	3-38	2000P	100	20	(b)	A, D, F, K, L, M
		G/NG	3-39	2000P	100	20	(b)	C, D, F, K, L, M, N
	Amortiguadores de impacto no-redirectivos ^f	G	3-40	820C	100	0	(e,h)	C, D, F, H, I, (J), K
		G	S3-40 ^a	700C	100	0	(e,h)	C, D, F, H, I, (J), K
		G	3-41	2000P	100	0	(h)	C, D, F, H, I, (J), K
		G	3-42	820C	100	15	(h)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	S3-42 ^a	700C	100	15	(h)	C, D, F, H, I, (J), K, N
		G	3-43	2000P	100	15	(h)	C, D, F, H, I, (J), K, M
		G	3-44	2000P	100	20	(h)	C, D, F, K, N

^a Ensayo opcional. Ver sección 3.1.

^b Ver Figura 3.2 para el punto de impacto.

^c Ver la Sección 3.3.3 para tolerancias en las condiciones de impacto

^d G/NG – Ensayo aplicable a dispositivos “gating” y “nongating”

G – Ensayo aplicable a dispositivos “gating” solamente

NG – Ensayo aplicable a dispositivos “nongating” solamente

^e Ver discusión en la Sección 3.2.2.2.

^f Ver discusión en la Sección 3.2.2.1 en relación con los amortiguadores de impacto no-redirectivos

^g Los criterios entre paréntesis son opcionales.

^h Ver Figura 3.3 para punto de impacto.

3.2.2.3 Orientación de la Terminal / Amortiguador impacto con flujos en ambos lados

Implícitas en las orientaciones de terminal/amortiguador de impacto mostradas en las Figuras 3.2 y 3.3 es que la línea central del dispositivo en-servicio será paralela a la calzada y que el camino es recto. Es probable que esta sea la orientación dominante para la mayoría de tales dispositivos. Si el dispositivo comúnmente estará orientado de otra manera, debe ensayarse así. En tal caso, el dispositivo debe ensayarse con su línea central orientada

como normalmente sería en-servicio. Los ángulos de impacto recomendados en el presente documento siguen siendo los mismos, independientemente de la orientación del dispositivo, puesto que se miden de forma implícita con respecto a la calzada recta, y no con respecto al dispositivo. Por ejemplo, la Figura 3.4 ilustra el ángulo relativo entre un dispositivo y la aproximación del vehículo para el Ensayo 31 (ángulo de impacto 0°) para dos orientaciones diferentes de un dispositivo. Si normalmente el dispositivo se usará en varias orientaciones, las condiciones de ensayo del caso más desfavorable deben seleccionarse de las matrices de ensayos recomendados. Por ejemplo, si un amortiguador de impacto redirectivo "nongating", típicamente estará orientado en ambas configuraciones mostradas en la Figura 3.4, los Ensayos de 34, 35, y 36 redirectivos deberían realizarse con el dispositivo orientado como se muestra en la configuración B.

3.2.2.4 Otros Diseños Terminal/Amortiguador de Impacto

Algunos terminales actualmente en-servicio o amortiguadores de impacto (como diseños de corto radio, con barandas curvas usadas en las medianas o en los extremos de puente cerca del cruce de un camino de acceso, o el sistema de "redada", o los amortiguadores de cama de grava para camiones fuera de control) no pueden ser abordados específicamente por las matrices de ensayo de la Tabla 3.2. En tales casos el diseñador y la agencia de ensayo deben idear ensayos para explorar los elementos críticos del dispositivo en el marco y la intención de los ensayos recomendados y los criterios de evaluación. Los vehículos recomendados de ensayo, velocidades de impacto, y ángulos de impacto deben usarse con los puntos de impacto críticos apropiados.

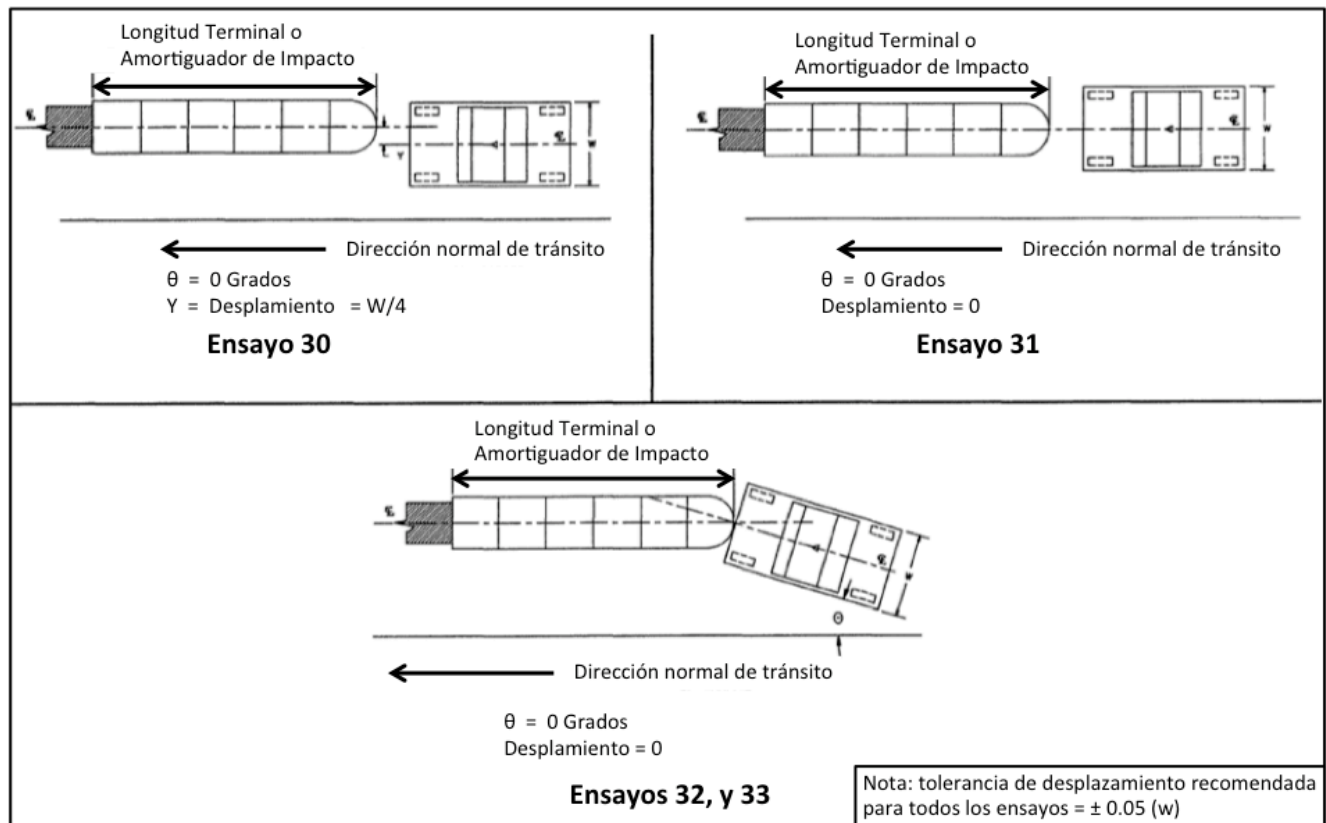


Figura 3.2a Condiciones de impacto para ensayos de terminal y amortiguador de impacto redirectivo.

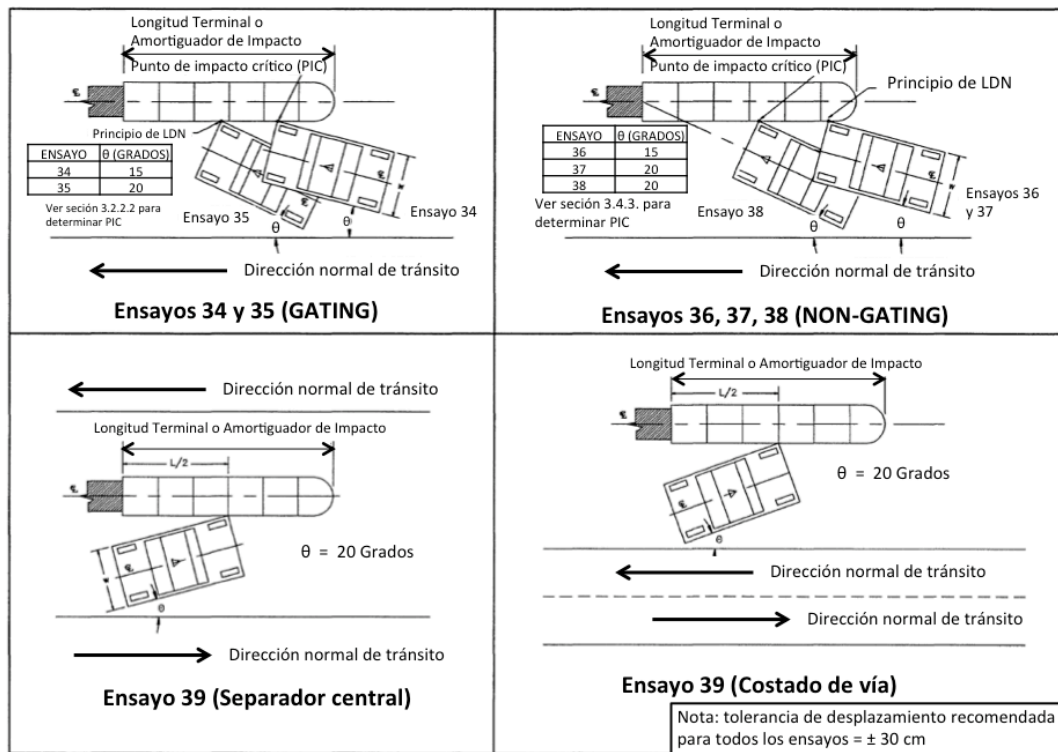


Figura 3.2b Condiciones de impacto para ensayos de terminal y amortiguador de impacto redirectivo.

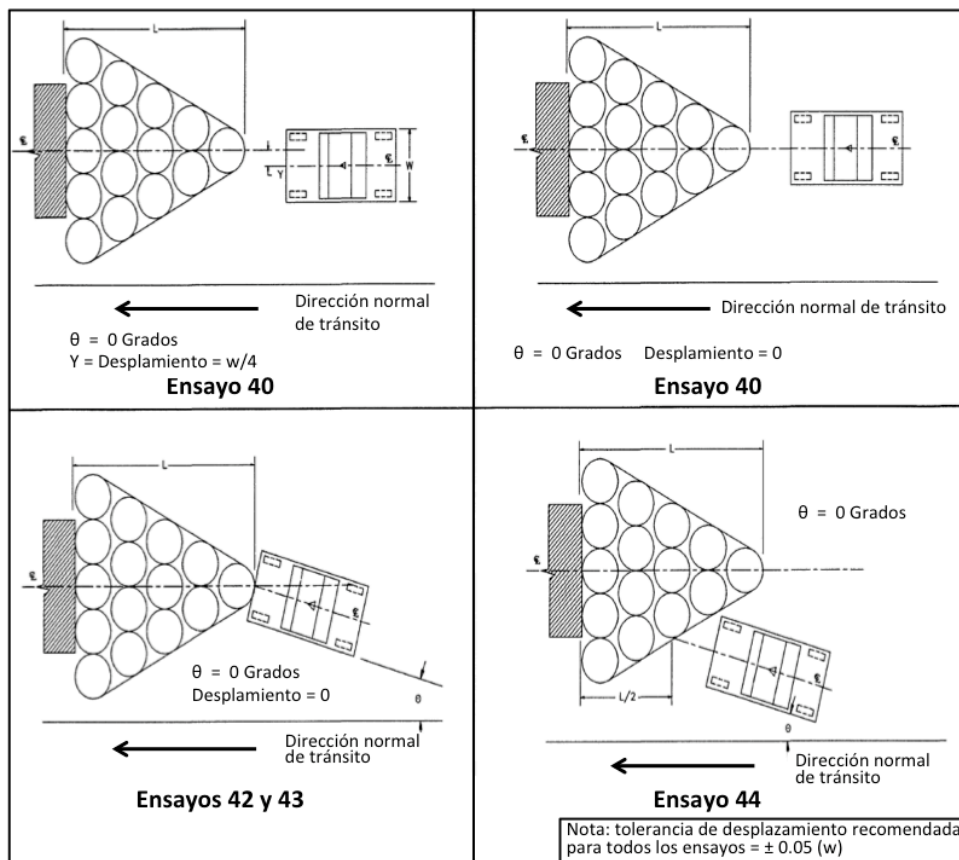


Figura 3.3. Condiciones de impacto para ensayos de amortiguador de impacto no-redirectivo.

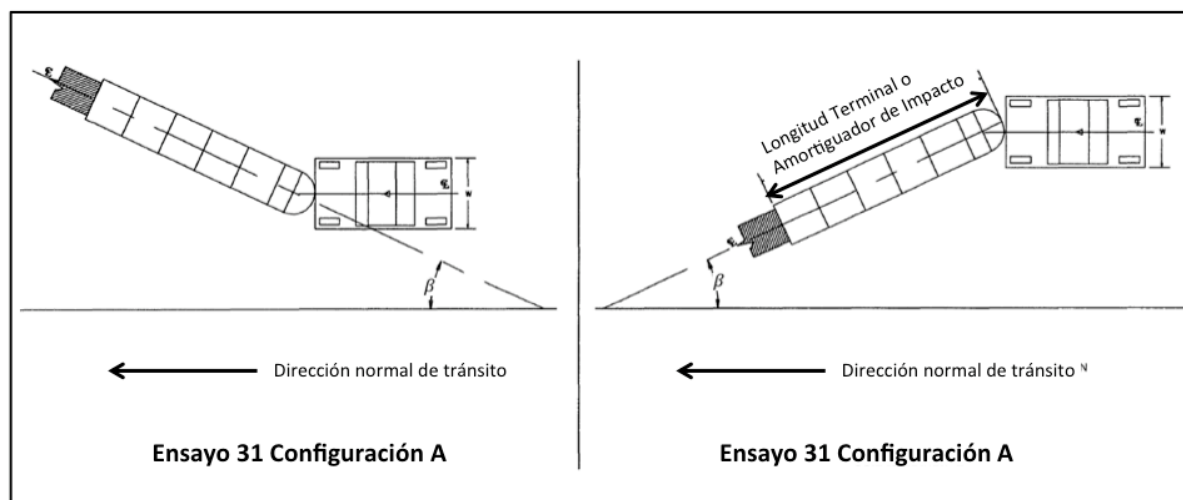


Figura 3.4. Guía típica de terminal o amortiguador de impacto.

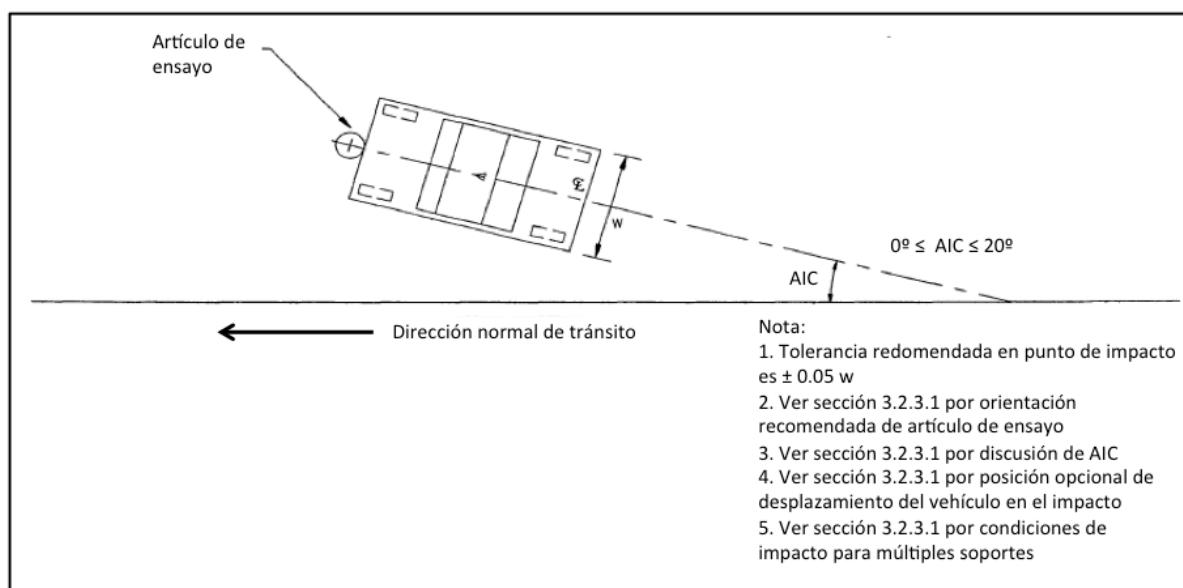


Figura 3.5. Condiciones de impacto para las estructuras de apoyo sola, dispositivos-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo, y postes rompibles de servicios públicos.

3.2.3 Estructuras de soporte, dispositivos-de-control-de-tránsito en obras, y postes quebradizos de servicios públicos

3.2.3.1 General

En la Tabla 3.3 se muestran ensayos recomendados para evaluar las estructuras soporte, dispositivos-de-control-de-tránsito de zonas-de-trabajo y postes de servicios públicos quebradizos. Referir al Glosario por las definiciones de estos dispositivos.

Las estructuras de soporte incluyen soportes de señales, de buzones de correo, postes de alumbrado o soportes de luminarias, y soportes de teléfonos de emergencia. Las guías son aplicables a las estructuras de apoyo permanentes, y a las usadas en zonas-de-construcción o de trabajo. Las bocas de incendio son otro dispositivo "artificial" comúnmente encontrado en la zona-despejada de vías urbanas. Aunque no se presenten ensayos específicos, cuando sea factible, estos dispositivos deben diseñarse con los mismos estándares de seguridad cual estructuras de apoyo. Los dispositivos-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo incluyen bidones de plástico,

barricadas, conos, paneles de señales chebrón y sus soportes, postes delineadores y luces fijadas a tambores o barricadas.

No hay ensayo de nivel 1 para estos dispositivos, porque, con pocas o sin excepciones, los dispositivos rentables de este tipo para los niveles de ensayo 2 y 3 también serán rentables para aplicaciones de baja velocidad. Para la mayoría de los soportes de señales y postes de luminarias de tamaño moderado, el ensayo a baja velocidad (35 km/h) es más importante que el ensayo de alta velocidad (100 km/h). Las notas siguientes se refieren a los ensayos de la Tabla 3.3.

- Un ángulo de impacto crítico (AIC) debe determinarse y usarse para cada ensayo, de acuerdo con la manera en que comúnmente el dispositivo se orientará en-servicio con respecto al tránsito. Para un ensayo determinada y el correspondiente rango de ángulos de impacto vehicular, AIC es el ángulo en este rango que tiene el mayor potencial de causar un fallo cuando el ensayo se evalúa mediante los criterios recomendados. Para determinar el AIC, primero debe establecerse, con respecto a la dirección normal de tránsito, la orientación en-servicio de soportes y aditamentos asistentes, dispositivos-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo, o postes de servicios públicos. Luego debe seleccionarse el AIC de una envolvente de ángulos de impacto de 0 a 20 grados, medidos desde la dirección normal de tránsito, Figura 3.5. Si comúnmente el dispositivo se usa donde son posibles impactos en una envolvente más grande (por ejemplo, en o cerca de una intersección o en una mediana angosta) los impactos de una envolvente más grande deben ensayarse en un AIC de esa envolvente. Si no fuera evidente lo que el AIC es, puede ser adecuado ensayar cada potencial AIC. Por ejemplo, si el dispositivo puede ser golpeado desde la parte delantera y trasera, los ensayos en AIC coherentes con estas direcciones de aproximación pueden ser apropiados. (Ver Sección 2.3.2.3 en relación con las orientaciones especiales para dispositivos-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo.)
- Para un sistema de apoyo individual, un dispositivo-de-control-de-tránsito único de zona-de-trabajo, o un poste de electricidad, el centro de la defensa debe alinearse con la vertical central del dispositivo. Como una opción, el cuarto de punto izquierdo o derecho del parachoques puede alinearse con la línea central vertical del dispositivo. Los ensayos anteriores demostraron que la opción de desplazamiento puede ser preferible en algunos casos debido a que el mismo vehículo puede ser usado para realizar ambos ensayos requeridos (60 y 61) provistos daños en el vehículo del primer ensayo (por lo general el ensayo de baja velocidad) no tiene efecto apreciable en el desempeño del impacto del artículo vehículo/ensayo en el segundo ensayo. El potencial de vuelco vehicular será mayor en el ensayo de alta velocidad debido al momento de guiño en el vehículo creado por el impacto de desplazamiento.
- Para un dispositivo de soporte múltiple, la trayectoria de aproximación del vehículo debe estar alineada de manera de impactar el número máximo de soportes, a menos que el ensayo se destine a evaluar otras condiciones.
- La tolerancia recomendada en el punto de impacto es $\pm 0,05 (W)$, donde W es la anchura del vehículo.

3.2.3.2 Descripción de los ensayos

Ensayos 60 y 61 de estructuras de apoyo

Se recomiendan dos ensayos de estructuras de apoyo para cada nivel de ensayo usando el vehículo 820C recomendado, o el vehículo 700C opcional: un ensayo a baja velocidad y un ensayo de alta velocidad. Generalmente, el ensayo de velocidad baja se destina a evaluar el mecanismo de rotura, fractura o deformación del soporte mientras que el ensayo de alta velocidad es para evaluar al vehículo y trayectoria del artículo de ensayo. El riesgo de los ocupantes es de preocupación en ambos ensayos. Si la principal preocupación en relación con el desempeño de impacto de un sistema de apoyo es la penetración del artículo de ensayo o partes de él en el compartimiento de los ocupantes en oposición a la velocidad de impacto de ocupantes y la desaceleración conjunta, y/o estabilidad vehicular, puede ser preferible usar el vehículo en 2000P, en lugar o además del vehículo 820C. La elección dependerá del perfil frontal de los dos vehículos en relación con la geometría del artículo de ensayo y los elementos del artículo que potencialmente pudieran penetrar en el habitáculo. Al evaluar las estructuras de apoyo a

nivel de ensayo 3, los ensayos deben realizarse a velocidades entre 35 y 100 km/h, si hay un potencial razonable para que dichos análisis sean más críticos que los recomendados.

Tabla 3.3 Matriz de ensayo para estructuras de soporte, dispositivo para zonas de trabajo y postes de servicios públicos rompibles

Nivel Ensayo	Dispositivo	Código Ensayo	Condiciones Impacto ^c			Punto Impacto	Criterios Eval. ^d (Ver tabla 5-1)
			Vehículo	Vel. km/h	Ángulo de impacto ^g		
2	Estructuras de soporte	2-60	820C	35	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S2-60 ^a	700C	35	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		2-61	820C	70	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S2-61 ^a	700C	70	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
	Dispositivos de Zonas de Obras	2-70 ^e	820C	35	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
		S2-70 ^a	700C	35	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
		2-71	820C	70	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
		S2-71 ^a	700C	70	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
	Postes de servicios públicos rompibles	2-80	820C	50	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S2-80 ^a	700C	50	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		2-81	820C	70	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S2-81 ^a	700C	70	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
3 ^f Nivel Básico	Estructuras de soporte	3-60	820C	35	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S3-60 ^a	700C	35	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		3-61	820C	100	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S3-61 ^a	700C	100	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
	Dispositivos de Zonas de Obras	3-70	820C	35	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
		S3-70 ^{a,e}	700C	35	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
		3-71	820C	100	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
		S3-71 ^a	700C	100	0-20	(b)	B, D, E, F, H, I, (J), K, N
	Postes de servicios públicos rompibles	3-80	820C	50	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S3-80 ^a	700C	50	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		3-81	820C	100	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N
		S3-81 ^a	700C	100	0-20	(b)	B, D, F, H, I, (J), K, N

^a Ensayo opcional. Ver sección 3.1.

^b Ver Figura 3.5 para el punto de impacto.

^c Ver la Sección 3.3.4 para tolerancias en las condiciones de impacto

^d Criterio entre paréntesis son opcionales

^e Ver discusión en la Sección 3.2.2.2. pertinente al ensayo 70

^f Ver discusión en la Sección 3.2.2.2 en relación a la velocidad de impacto para nivel 3

^g Ver discusión en la Sección 3.2.3.1 en relación con el ángulo de impacto crítico.

^h Ver la discusión en la sección 3.2.3.2 en relación de las zona-de-trabajos.

ⁱ Ver la discusión en la sección 3.2.3.2 en relación con postes rompibles de servicios públicos

Ensayo 70 y 71 de dispositivos-de-control-de-tránsito en zona-de-trabajo

Se recomiendan dos ensayos para dispositivos de control de tránsito de zona-de-trabajo para cada nivel de ensayo usando el vehículo 820C recomendado o el vehículo 700C opcional: un ensayo a baja velocidad y un ensayo de alta velocidad. Generalmente el ensayo de baja velocidad se destina evaluar el mecanismo de ruptura, fractura o desempeño del dispositivo, mientras que el ensayo de alta velocidad es para evaluar la estabilidad vehicular y la trayectoria del artículo de ensayo. El riesgo de los ocupantes es de preocupación en ambos ensayos. El Ensayo 70 se puede omitir cuando se pueda determinar claramente que el Ensayo 71 es más crítico. Por ejemplo, el Ensayo 71 será más crítico que el 70 para dispositivos-de-control-de-tránsito de zona-de-trabajo con una masa relativamente pequeña, tales

como bidones de plástico usados como dispositivos de canalización, barricadas de masa liviana, y así sucesivamente. Si la masa de un dispositivo-de-control-de-tránsito de zona-de-trabajo libremente parado (apoyado pero no unido al suelo o pavimento) es de 45 kg o menos, los criterios de evaluación H e I de la Tabla 5.1 son opcionales. Para un dispositivo con bolsas de arena u otros balastos en su base (para la estabilidad), la masa de lastre no necesita añadirse a la masa del dispositivo dado que el lastre no contribuye efectivamente a cambiar la velocidad del vehículo al impactar contra el dispositivo.

Si la preocupación principal respecto del comportamiento al impacto de un dispositivo de control de tránsito es la penetración del artículo de ensayo o partes de él en el compartimiento de ocupantes, en cuanto opuesto a la preocupación por la velocidad de impacto del ocupante y la desaceleración conjunta y/o la estabilidad vehicular, puede ser preferible usar el vehículo 2000P en lugar de, o en adición al vehículo 820C. La elección dependerá del perfil frontal de los dos vehículos, en relación con la geometría del artículo de ensayo, y los elementos que potencialmente pudieran penetrar el compartimiento de ocupantes. Al evaluar los dispositivos-de-control-de-tránsito para el nivel de ensayo 3, los ensayos también deben realizarse a velocidades entre 35 y 100 km/h si hay un potencial razonable para que dichos análisis fueren más críticos que los recomendados.

Ensayo 80 y 81-Postes quebradizos de servicios públicos

Se recomiendan dos ensayos para los postes quebradizos de servicios públicos para cada nivel de ensayo usando el vehículo 820C recomendado, o el vehículo 700C opcional: un ensayo a baja velocidad y un ensayo de alta velocidad. Generalmente el ensayo de baja velocidad es para evaluar el mecanismo de ruptura, fractura o desempeño del soporte, mientras que el ensayo de alta velocidad es para evaluar la estabilidad vehicular y la trayectoria del artículo de ensayo. El riesgo de los ocupantes es preocupante en ambos ensayos. En la evaluación de los postes de servicios públicos quebradizos de nivel de ensayo 3, los ensayos deben realizarse a velocidades entre 50 y 100 km/h si hay un potencial razonable de que dichos análisis sean más críticos que los recomendados. Se recomienda que las velocidades de impacto de los ocupantes en un ensayo de poste quebradizo de servicio público no superen los valores que figuran en la parte superior del criterio "H" de la Tabla 5.1. Es preferible que no superen los valores que figuran en la parte inferior del criterio de "H." (Ver la discusión en el Apéndice A, Sección A3.2.3.)

3.2.4 Amortiguadores de impacto montado en camión (TMA)

3.2.4.1 General

Ensayos recomendadas para evaluar los amortiguadores de impacto montado en camión (TMA por sus siglas en inglés) se dan en la Tabla 3.4. Las condiciones de impacto para un TMA se muestran en la Figura 3.6. Hasta la fecha, la mayoría, si no todos, los TMA se diseñaron para cumplir con los requisitos de desempeño de nivel de ensayo 2 o similares. Los requisitos del ensayo de nivel 3 son mucho más exigentes y no hay ninguna garantía de que un TMA pueda diseñarse para tales requisitos, sin afectar negativamente a otros factores que deben considerarse en el diseño y uso de un TMA. En consecuencia, el nivel 2 se considera el nivel de ensayo básico. Se debe hacer referir a la Sección 2.3.2.4 concerniente a la manera en la que el camión de apoyo está restringido o frenado, y a la Sección 2.4.1.3 para los parámetros del camión de apoyo.



Figura 3.6. Condiciones de impacto de un TMA.

3.2.4.2 Descripciones de los ensayos

Ensayo 50 y 51

El Ensayo 50 es para evaluar los riesgos para los ocupantes de un coche pequeño que impacta un TMA. El Ensayo 51 es para evaluar la adecuación estructural del TMA, los riesgos para los ocupantes, y la distancia de rodado del camión de apoyo para el impacto con un vehículo pesado de pasajeros. La distancia de rodado es la distancia que los camiones de apoyo **recorren** después del impacto. Los factores que afectan esta distancia se tratan en el Apéndice A, Sección A3.2.4. Se necesitan estas distancias para seleccionar las distancias de separación segura entre vehículo TMA y los trabajadores que se pretende proteger.

Ensayo 52 y 53 (opcional)

Los Ensayos 52 y 53 son nuevos, y no hay garantía de que los diseños actuales TMA puedan cumplir con sus requisitos. Adicionalmente, no hay seguridad de que los nuevos diseños de TMA se puedan hacer como para cumplirlos, sin un aumento significativo en el costo, y sin efectos perjudiciales sobre el manejo de camiones, durabilidad de TMA, u otras consideraciones operacionales. Por ello, los Ensayos 52 y 53 son opcionales. Debe ser un objetivo de promotores y agencias de usuario desarrollar un TMA capaz de satisfacer los requerimientos de estos. Se cree que las condiciones de impacto para los ensayos 52 y 53 son representativas de muchos choques con TMA.

Las recomendaciones de los ensayos sólo se refieren a prestaciones de seguridad de un TMA debido a choques vehiculares. El desempeño predeciblemente seguro y continuo de un TMA requerirá considerar otros factores, tales como la durabilidad, movilidad del camión de apoyo, vibraciones inducidas por el camino, mantenimiento, influencia de las variaciones de temperatura, influencia de la humedad y otros factores. La Referencia 53 sintetiza las prácticas pertinentes para seleccionar y usar los TMA.

Tabla 3.4 Matriz de ensayo para para atenuadores montados en camiones

Nivel Ensayo	Código Ensayo	Condiciones Impacto ^c			Punto Impacto	Criterios Eval. ^{e, g} (Ver Tabla 5.1)	Criterios Eval. ^{f, g} (Ver tabla 5-1)
		Vehículo	Vel. kmh	Ángulo de impacto ^h			
2 Nivel Básico	2-50	820C	70	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	S2-50 ^a	700C	70	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	2-51	2000P	70	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	2-52"	2000P	70	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	2-53"	2000P	70	10	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
3	3-50	820C	100	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	S3-50 ^a	700C	100	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	3-51	2000P	100	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	3-52"	2000P	100	0	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K
	3-53"	2000P	100	10	(b)	D, F, H, I, (J), K	C, D, F, I, (J), K

^a Ensayo opcional. Ver sección 3.1.

^b Ver Figura 3.6 para el punto de impacto.

^c Ver la Sección 3.3.5 para tolerancias en las condiciones de impacto. Consulte la Sección 2.4.1.3 para obtener recomendaciones relativas a TMA camión de apoyo.

^d Ver discusión en Sección 3.2.4.1 en relación con el ensayo de nivel 3.

^e Aplica al vehículo que impacta y sus ocupantes

^f Aplica para el camión de impacto y su conductor. Ver discusión en la sección 5.3.

^g Criterios entre paréntesis es opcional.

^h Ensayo opcional. Ver sección 3.2.4.1.

3.2.5 Disposiciones geométricas al costado de la calzada

Ocasionalmente puede ser deseable evaluar experimentalmente la resistencia al impacto de las disposiciones geométricas viales, tales como tratamientos de seguridad de las estructuras de drenaje (por ejemplo, las alcantarillas de extremos inclinados con o sin rejillas de seguridad), pendientes de accesos-a-propiedad, pendientes de cruces de mediana, cordones, cunetas laterales, taludes de terraplén, cortes de roca, y discontinuidades entre el borde de la superficie del camino pavimentada y la berma. Debido a la naturaleza especial de estas disposiciones, no es factible desarrollar matrices de ensayo específicas.

Generalmente, los estudios de los ensayos de choques de disposiciones geométricas comprendieron una combinación de simulaciones por computadora, junto con ensayos de choque a escala real limitados (4-8). En la mayoría de los casos, el programa de computadora Highway-Vehicle-Object-Simulation-Model (HVOSM) valúa parámetros importantes y predice límites de la resistencia al impacto del dispositivo. Típicamente, el programa de ensayos de choque que acompaña se diseña para verificar y calibrar los resultados del estudio de simulación. Este tipo de enfoque es necesario por la cantidad de variables que normalmente se deben considerar junto con el

número limitado de ensayos que pueden realizarse. En ausencia de un procedimiento más racional, un enfoque similar puede adoptarse en los estudios futuros de estos tipos de disposiciones geométricas.

Si es factible, estas disposiciones deben diseñarse y evaluarse en el marco de uno de los tres primeros niveles de ensayo para barreras longitudinales, incluyendo velocidades de ensayo y vehículos de ensayo. Los ángulos de impacto recomendados para los ensayos de barrera longitudinales pueden o no ser críticos. Es posible que los ángulos más pequeños sean más críticos, algo que por lo general puede determinar la simulación por computadora. Se recomienda que el ángulo de impacto no exceda los 20 grados.

Estudios anteriores (4) demostraron que desde el punto de vista práctica y rentable es difícil diseñar ciertas disposiciones geométricas, como extremos de alcantarilla inclinados en accesos-a-propiedad, y el acompañante talud del acceso, para cumplir con los criterios de evaluación de alta velocidad (100 km/h) de las invasiones. Son necesarios más estudios para examinar y desarrollar tratamientos de seguridad rentables para las disposiciones geométricas.

Un número limitado de ensayos se realizaron en condiciones de caminos especiales y costados, tales como baches y discontinuidades pavimento/berma (11-14). Por lo general, el enfoque adoptado en este tipo de estudios supone la determinación de limitar los parámetros de respuesta vehicular para un camino o condición de borde del camino. Por ejemplo, en la evaluación de discontinuidades de borde del pavimento, típicamente se usan conductores vivos. En orden secuencial, el procedimiento de ensayo típico es: (a) hacer caer los neumáticos del lado derecho, o los cuatro neumáticos, justo fuera del borde de pavimento, (b) iniciar una maniobra de volver a la calzada, hasta que los neumáticos se monten en el pavimento, y (c) corregir el volante para evitar la invasión del carril opuesto. Se observa y registra la trayectoria del vehículo. El procedimiento se repite cada vez con mayores incrementos de velocidad del vehículo hasta que se alcanza una velocidad a la que se producen las intrusiones de vehículos en un carril opuesto, o se pierde el control vehicular.

En la medida apropiada y práctica, los criterios para evaluar una barrera longitudinal deben usarse para evaluar el desempeño de impacto de los disposiciones geométricas. Ver Sección 5.6 para mayor discusión sobre este asunto.

3.3 TOLERANCIAS EN CONDICIONES DE IMPACTO

3.3.1 General

A veces, las condiciones de impacto según la definición de masa, velocidad y ángulo del vehículo que impacta son difíciles de controlar, y pueden variar ligeramente de los valores nominales recomendados. La capacidad de controlar condiciones de impacto disminuye un poco para los ensayos de vehículos pesados, es decir, 8000S, 36000V, y vehículos 36000T. Es necesario establecer límites razonables o tolerancias en condiciones de impacto.

Las tolerancias recomendadas en la masa inercial de ensayo de vehículos se dan en las Tablas 2.1 y 2.2. Se encuestaron agencias de ensayo para examinar el "objetivo" frente a la velocidad "real" de impacto y el ángulo para un número y variedad de ensayos. Sobre la base de este estudio, en la Tabla 3.5 se dan las tolerancias recomendadas para velocidad y ángulo.

Tabla 3.5 Tolerancias de velocidad de impacto y ángulo^a		
Vehículo	Vel. km/h	Ángulo de impacto (º)
700C	+ 4,0	± 1,5
820C	+ 4,0	± 1,5
2000P	± 4,0	+ 1,5
8000S	± 5,0	+ 1,5
36000V	± 5,0	± 2,0
36000T	± 5,0	+ 2,0

^a Ver la Sección 3.3.1 para discusión de límites de tolerancia compuesta para diferentes velocidades y ángulos de impacto y masa vehicular

Además de las tolerancias recomendadas sobre masa vehicular, velocidad y ángulo, un límite de tolerancia compuesto se presenta para los efectos combinados de los parámetros de ensayo, según lo determina una expresión gravedad del impacto:

$$IS = \frac{1}{2} M (V \sin \theta)^2$$

Donde IS es la gravedad del impacto en julios (J),

M es la masa inercial ensayo del vehículo en kilogramos (kg),

V es la velocidad de impacto en metros/segundo (m/s), y

θ es el ángulo de impacto en grados.

Para los ensayos de dispositivos de redirección,

e es el ángulo de impacto;

para todos los demás ensayos, $\sin \theta$ debe establecerse en 1.

En teoría, cualquiera de los tres parámetros M, V y S puede ajustarse, en lo razonable, para alcanzar una deseada IS. En la práctica, se recomienda que la masa inercial de ensayo del vehículo se ajuste, en su caso, en las tolerancias recomendadas para estar razonablemente cerca del valor nominal recomendado. Suponiendo que la masa inercial de ensayo esté cerca del valor nominal, la velocidad o ángulo, o ambos pueden ajustarse para obtener el IS recomendado. Como regla general, el ángulo de impacto deseado no debe ajustarse porque la gravedad de impacto es extremadamente sensible a este parámetro. De ser necesario, la velocidad de ensayo debe ser el parámetro principal ajustado para obtener la IS recomendada.

Las siguientes secciones dan los límites recomendados de IS para las clases dadas de dispositivos. Los valores indicados en las tablas se calcularon de la siguiente manera:

IS nominal. Calculado a partir de la ecuación 3.1 con M, V y θ establecidas, iguales a los valores nominales que figuran en los apartados anteriores.

La tolerancia de IS se sugiere. Se usaron dos pasos para calcular las tolerancias positivas y negativas. Para tolerancia negativa: (1) IS se calculó a partir de la ecuación 3.1, con M y θ establecidas iguales a sus valores nominales, y V establecida igual a su valor nominal menos la tolerancia dada en la Tabla 3.5, a continuación, (2) la tolerancia negativa sugerida IS se determinó restando la IS nominal del valor de la parte 1. Para la tolerancia positiva se repitieron los pasos 1 y 2, excepto que V se fijó igual a su valor nominal más la tolerancia dada en la Tabla 3.5.

3.3.2 Barreras longitudinales

La Tabla 3.6 lista valores IS nominales u objetivos, y tolerancias recomendadas para los ensayos de las barreras longitudinales.

Para un ensayo de barrera longitudinal, es preferible que el valor real sea igual a o mayor que el valor objetivo. Si el IS real supera la tolerancia positiva, y si los resultados de ensayos cumplen los criterios de evaluación recomendados, no será necesario repetir el ensayo. En tal caso, no es necesario satisfacer la tolerancia positiva de velocidad o ángulo recomendada en la Tabla 3.5.

3.3.3 Terminales y amortiguadores de impacto

La Tabla 3.7 lista valores IS nominales y tolerancias recomendadas para ensayos de terminales y amortiguadores de impacto.

Para un ensayo de terminal o amortiguador de impacto, es preferible que el valor real de IS sea igual o mayor que el valor objetivo. Si el IS real supera la tolerancia positiva y si los resultados de ensayos cumplen los criterios de evaluación recomendados, no será necesario repetir el ensayo. En tal caso no es necesario satisfacer la tolerancia positiva, en la velocidad o el ángulo recomendado en la Tabla 3.5.

Tabla 3.6 Valores y tolerancias de gravedad de impacto nominal para barreras longitudinales

Nivel de ensayo	Designación de ensayo ^a	Nominal IS (kj)	Tolerancia IS sugerida (kj)
1	1-10, 1-20	9.3	-1,4 1,5
	SI-10, S1-20	7.9	-1,2 1,3
	1-11, 1-21	34.5	-5,3 5,7
2	2-10, 2-20	18.1	-2,0 2,1
	S2-10, S2-20	15.5	-1,7 1,8
	2-11, 2-21	67.6	-7,5 7,9
3	3-10, 3-20	37.0	-2,9 3,0
	S3-10, S3-20	31.6	-2,5 2,6
	3-11, 3-2	138.1	-10,8 11,3
4	4-10, 4-20	37.0	-2,9 3,0
	S4-10, S4-20	31.6	-2,5 2,6
	4-11, 4-21	138.1	-10,8 11,6
	4-12, 4-22	132.5	-16,1 17,1
5	5-10, 5-20	37.0	-2,9 3,0
	S5-10, S5-20	31.6	-2,5 2,6
	5-11, 5-21	138.1	-10,8 11,3
	5-12, 5-22	596.2	-72,3 76,9
6	6-10, 6-20	37.0	-2,9 3,0
	S6-10, S6-20	31.6	-2,5 2,6
	6-11, 6-21	138.1	-10,8 11,3
	6-12, 6-22	596.2	-72,3 76,9

^a Ver la Tabla 3.1 para descripciones de los ensayos.

Tabla 3.7 Valores de gravedad impacto nominales y tolerancias para terminales y amortiguadores de impacto

Nivel de ensayo	Designación de ensayo ^a	Nominal IS (kj)	Tolerancia IS sugerida (kj)
1	1-30, 1-32, 1-40, 1-42	79.1	-12,1 +13,1
	S1-30, S1-32, S1-40, S1-42	67.5	-10,4 +11,2
	1-31, 1-33, 1-41, 1-43, 144	192.9	-29,6 +32,1
	1-34, 1-36	5.3	-0,8 +0,9
	S1-34, S1-36	4.5	-0,7 +0,8
	1-35, 1-37, 1-38, 1-39	22.6	-3,5 +3,8
2	2-30, 2-32, 2-40, 2-42	154.9	-17,2 +18,2
	S2-30, S2-32, S2-40, S2-42	132.3	-14,7 +15,5
	2-31, 2-33, 2-41, 2-43, 244	377.9	-41,9 +44,4
	2-34, 2-36	10.4	-1,2 +1,2
	S2-34, S2-36	8.9	-1,0 +1,0
	2-35, 2-37, 2-38, 2-39	44.2	-4,9 +5,2
3	3-30, 3-32, 3-40, 3-42	316.4	-24,8 +25,8
	S3-30, S3-32, S3-40, S3-42	270.1	-21,2 +22,0
	3-31, 3-33, 3-41, -3-43, 344	771.7	-60,4 +62,9
	3-34, 3-36	21.2	-1,7 +1,7
	S3-34, S3-36	18.1	-1,4 +1,5
	3-35, 3-37, 3-38, 3-39	90.3	-7,1 +7,4

^a Ver la Tabla 3.2 para descripciones de los ensayos.

3.3.4 Estructuras de apoyo, dispositivos-de-control-de-tránsito de zonas-de-trabajo, y postes quebradizos de servicios públicos

La Tabla 3.8 lista los valores *IS* nominales o metas y tolerancias recomendadas para los ensayos de las estructuras de apoyo, dispositivos-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo, y postes quebradizos de servicios públicos.

Para el ensayo a baja velocidad de una estructura de soporte, es preferible el dispositivo-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo, o postes quebradizos de servicios públicos. Es preferible que el real *IS* sea igual o menor que el valor objetivo. Se recomienda que la velocidad de impacto esté en las tolerancias de velocidad recomendadas de la Tabla 3.5 para ensayos de baja velocidad. Para el ensayo de alta velocidad de una estructura de soporte, dispositivo-de-control-de-tránsito de zona-de-trabajo, o poste quebradizo de servicios públicos, es preferible que la real gravedad del impacto *IS* sea igual a o mayor que el valor objetivo. Si el *IS* real es mayor que la tolerancia positiva recomendado y si los resultados de ensayos cumplen los criterios de evaluación recomendados, no será necesario repetir el ensayo. En tal caso, no es necesario satisfacer la tolerancia positiva en la velocidad recomendada en la Tabla 3.5.

Tabla 3.8 Valores y tolerancias de gravedad de impacto nominales para estructuras soporte, dispositivos de control en zonas-de-trabajo, y postes de servicios públicos rompibles.			
Nivel de ensayo	Designación de ensayo ^a	Nominal <i>IS</i> (kj)	Tolerancia <i>IS</i> sugerida (kj)
2	2-60, 2-70	38.7	-8.3 +9.1
	S2-60, S2-70	33.1	-7.1 +8.0
	2-61, 2-71, 2-81	154.9	-17.2 +18.2
	S2-61, S2-71, S2-81	132.3	-14.7 +15.5
	2-80	79.1	-12.1 +13.1
	S2-80	67.5	-10.4 +11.2
3	3-60 3-70	38.7	-8.3 +9.4
	S3-60, S3-70	33.1	-7.1 +8.0
	3-61, 3-71, 3-81	316.4	-24.8 +25.8
	S3-61, S3-71, S3-81	270.1	-21.2 +22.0
	3-80	79.1	-12.1 +13.1
	S3-80	67.5	-10.4 +11.2

^a Ver la Tabla 3.3 para descripciones de los ensayos.

3.3.5 Amortiguadores de impacto montados en camión (TMA)

La Tabla 3.9 lista valores de *IS* nominales o metas y tolerancias recomendadas para ensayos de los TMA.

Para un TMA, es preferible que el valor real sea igual a o mayor que el valor objetivo. Si el *IS* real supera la tolerancia positiva y si los resultados de ensayos cumplen los criterios de evaluación recomendados, no será necesario repetir el ensayo. En tal caso, no es necesario satisfacer la tolerancia positiva en la velocidad recomendada en la Sección 3.3.1.

Tabla 3.9 Valores nominales de gravedad de impacto para amortiguadores montados en camiones.

Nivel de ensayo	Designación de ensayo ^a	Nominal IS (kj)	Tolerancia IS sugerida (kj)
2	2-50	154.9	-17,2 +18,2
	S2-50	132.3	-14,7 +15,5
	2-51, 2-52, 2-53	377.9	-41,9 +44,4
3	3-50	316.4	-24,8 +25,8
	S3-50	270.1	-21,2 +22,0
	3-51, 3-52, 3-53	771.7	-60,4 +62,9

^a Ver la Tabla 3.4 para descripciones de los ensayos.

3.4 PUNTO DE IMPACTO PARA DISPOSITIVOS REDIRECTIVOS

3.4.1 General

El punto de impacto es el punto inicial de contacto en un artículo del ensayo por el vehículo de ensayo de impacto. En general, se sabe que la ubicación del punto de impacto inicial en un dispositivo redirectivo como una barrera longitudinal, un terminal o un amortiguador de impacto redirectivo puede afectar su desempeño de seguridad. El potencial de enganche de rueda, embolsamiento vehicular, y el fracaso estructural del dispositivo depende del punto de impacto inicial. En la medida de lo posible, debe seleccionarse el punto de impacto inicial de un dispositivo redirectivo para establecer una condición de ensayo del peor caso; es decir, el Punto de Impacto Crítico (PIC) o el punto con el mayor potencial de causar fallos en el ensayo, si esto es inconveniente por enganches de ruedas o embolsamientos, o el fracaso estructural del dispositivo.

Para seleccionar el PIC se usó el programa de simulación *Barrera VII* en los ensayos de barreras longitudinales (15) y se validó para este propósito. Aunque otros programas de simulación de barrera como GUARD y NARD (Apéndice D) pueden tener la capacidad para identificar el PIC, no fueron validados para esta aplicación y generalmente son más difíciles y costosos de usar.

Cuando sea práctico, se recomienda que *Barrera VII* se utilice para identificar el PIC para un conjunto dado de condiciones de ensayo (vehículo, barrera y velocidad y ángulo del ensayo). El procedimiento descrito en el Apéndice A, Sección A3.4.2, puede usarse para este propósito. Si esto no es práctico, se pueden usar las siguientes guías, que se derivan del *Barrera VII*.

3.4.2 Barreras longitudinales

En general hay dos PIC (Puntos de Impacto Crítico) para una barrera longitudinal: uno que produce el mayor potencial de embolsamiento vehicular o enganche de rueda, y uno que produce la mayor carga en una parte crítica de la barrera, tal como en un empalme de baranda. Si el empalme de baranda se encuentra en un poste, como es común en barreras laterales y de mediana, ambos PIC son coincidentes y un ensayo puede usarse para evaluar todos los modos de fallo de preocupación. No es raro que en un sistema de baranda de puente los empalmes se encuentren entre los postes. Afortunadamente, debido a que en la mayoría de las barandas de puente la separación entre postes es relativamente pequeña, todos los modos de falla de interés general pueden evaluarse con un ensayo, mediante la colocación de un empalme justo aguas arriba del poste de referencia (poste desde donde se mide la distancia "x" como se describe en la siguiente sección).

3.4.2.1 Los ensayos con los vehículos 700C, 820C y 2000P

Las simulaciones por computadora demostraron que los puntos de impacto críticos son controlados principalmente por la fuerza de flexión dinámica de poste por unidad de longitud de la barrera, F_p , y el momento plástico efectivo de los elementos de la baranda, M_p (16). Las fuerzas de flexión de poste pueden controlarse por la resistencia del poste o el confinamiento del suelo. F_p se calcula dividiendo la fuerza de flexión dinámica del poste por el espaciamiento de postes. M_p es el momento plástico efectivo de todos los elementos de baranda. Para un sistema de baranda simple, M_p es meramente el momento plástico del elemento de baranda. El momento plástico efectivo de un sistema de baranda múltiple es la suma del momento plástico de la viga más alta y los momentos plásticos de las vigas inferiores reducidos en una proporción de las alturas de los elementos más alto y más bajo de elementos de baranda, como se da en la Ecuación 3.2.

$$M_p = M_h + \sum M_i \times (H_i/H_h) \quad (3.2)$$

Donde:

M_p = momento plástico efectiva de todos los elementos de baranda;

M_h = Momento plástico de elemento de baranda más alto por encima del suelo o del tablero;

M_i = momento plástico de un elemento de baranda inferior;

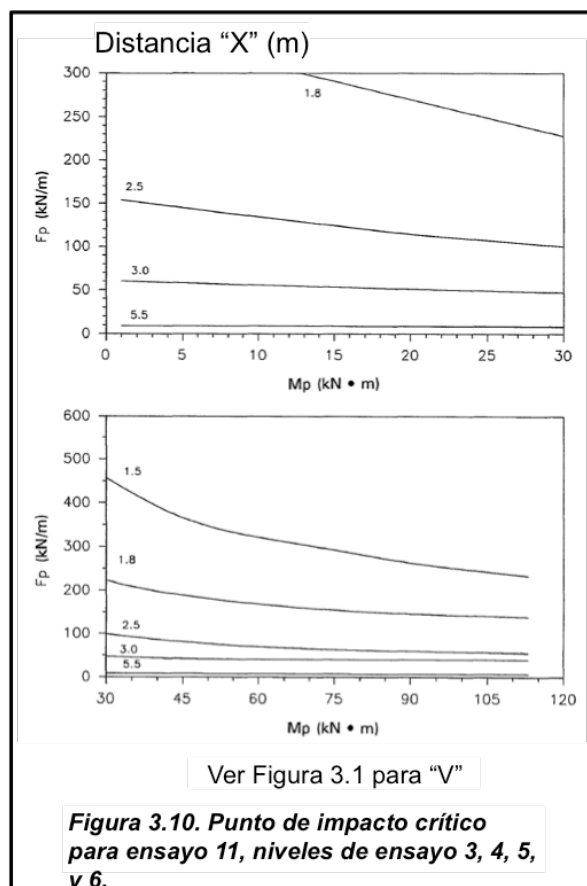
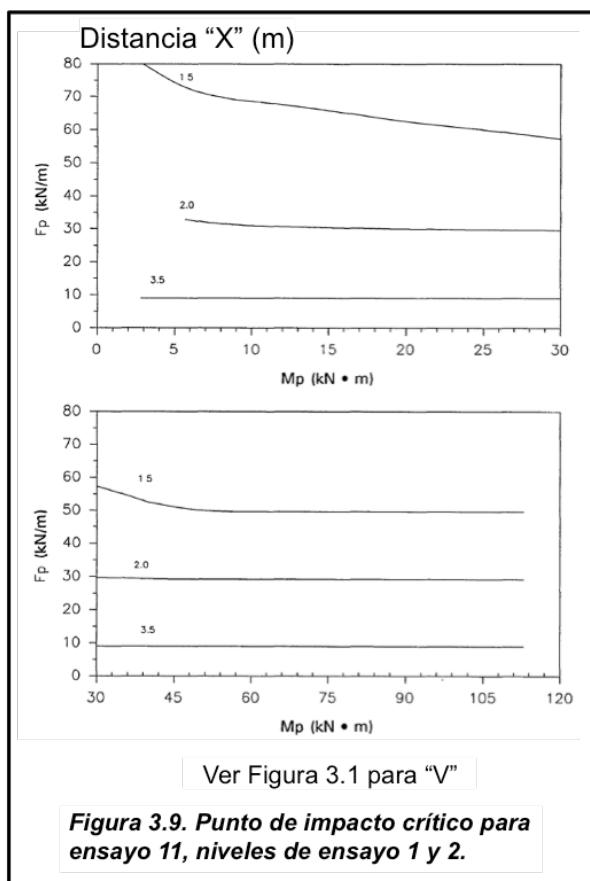
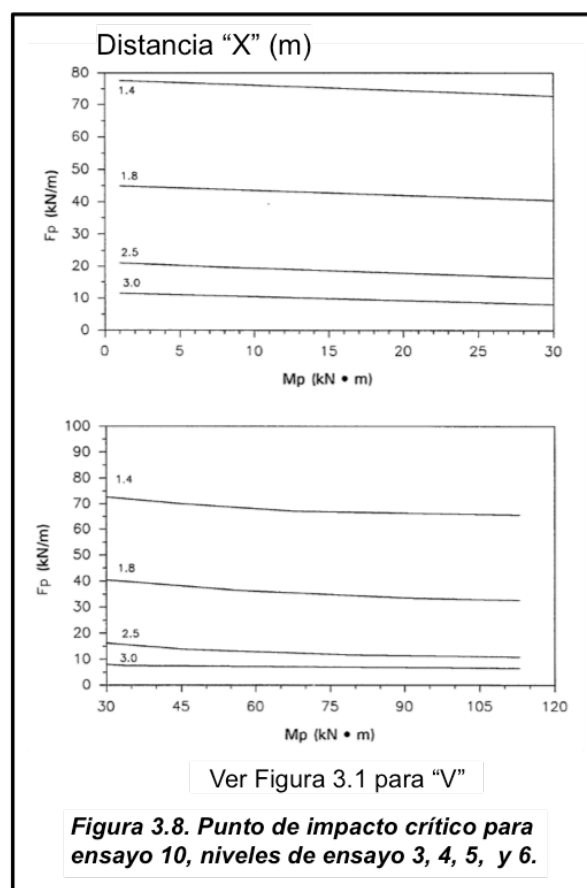
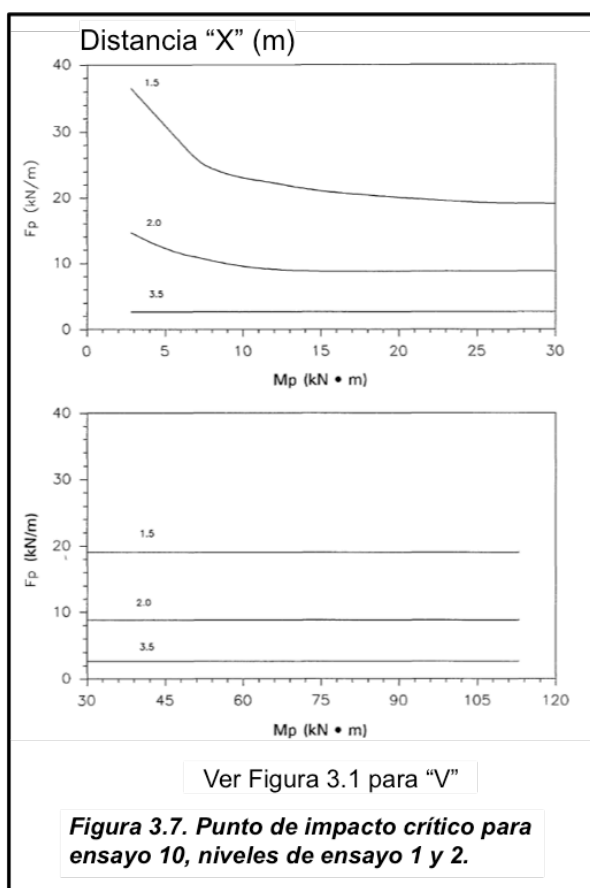
H_i = Altura de un elemento de baranda inferior; y

H_h = Altura del más alto elemento de baranda.

Una discusión más detallada de F_p y M_p , y de tablas de valores típicos se puede encontrar en el Apéndice A, Sección A3.4.2.1.

Con las Figuras 3.7 a 3.10 se localiza el punto de impacto crítico, PIC, tal como se define por la distancia "x", para la parte de la longitud-de-necesidad, LDN, de las barreras longitudinales flexibles, (Ensayos 10 y 11) para un nivel de ensayo dado. Las figuras muestran trazados de la distancia x del impacto crítico para valores F_p y M_p de un sistema de barrera dado. Las distancias mostradas se miden aguas arriba del poste/empalme de referencia, Figura 3.1. Un empalme de barandas debe ubicarse en o justo aguas arriba del poste de referencia, siempre que sea compatible con la práctica en-servicio. Puede interpolarse para hallar los valores de x de puntos entre las curvas, y hallar los valores de x de puntos por encima de la curva superior, o por debajo de la curva inferior.

Con las Figuras 3.11 a 3.14 se localiza el PIC para las transiciones entre barreras longitudinales con diferente rigidez lateral (ensayos 20 y 21) para un nivel de ensayo dado. Las figuras muestran trazados de la distancia x de impacto crítico para valores de F_p y M_p para un sistema de barrera dado. Las distancias mostradas se miden aguas arriba desde el extremo del sistema más rígido, Figura 3.1. Puede interpolarse para hallar los valores de x para puntos entre las curvas, o por encima de la curva superior, o por debajo de la inferior.



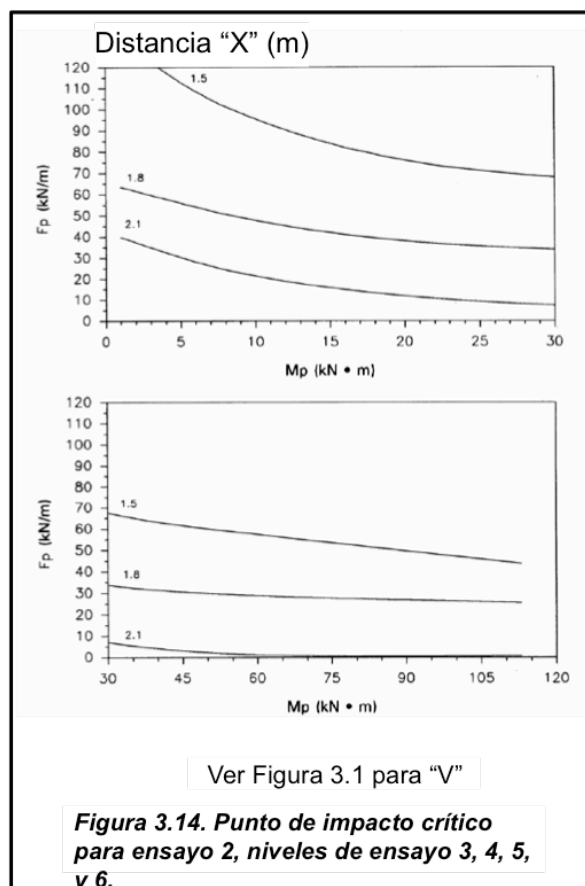
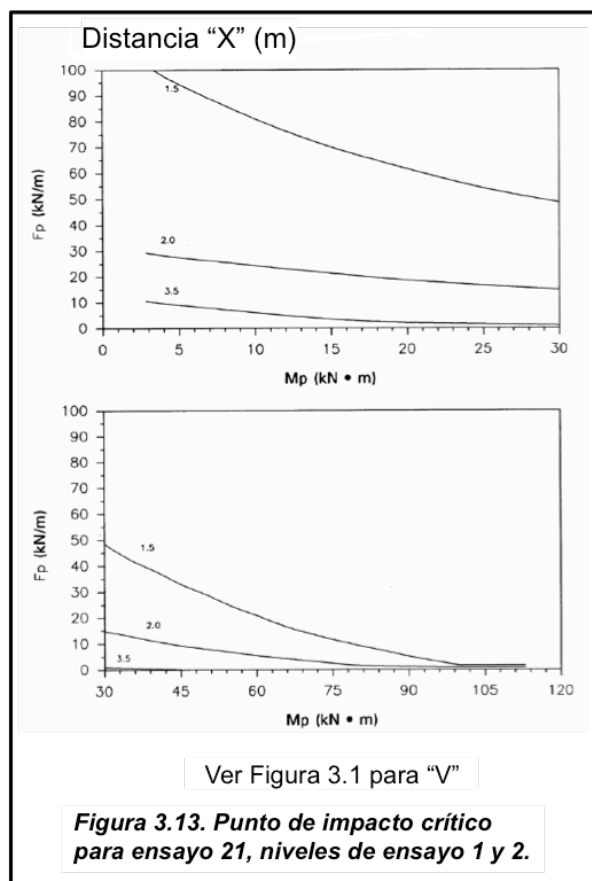
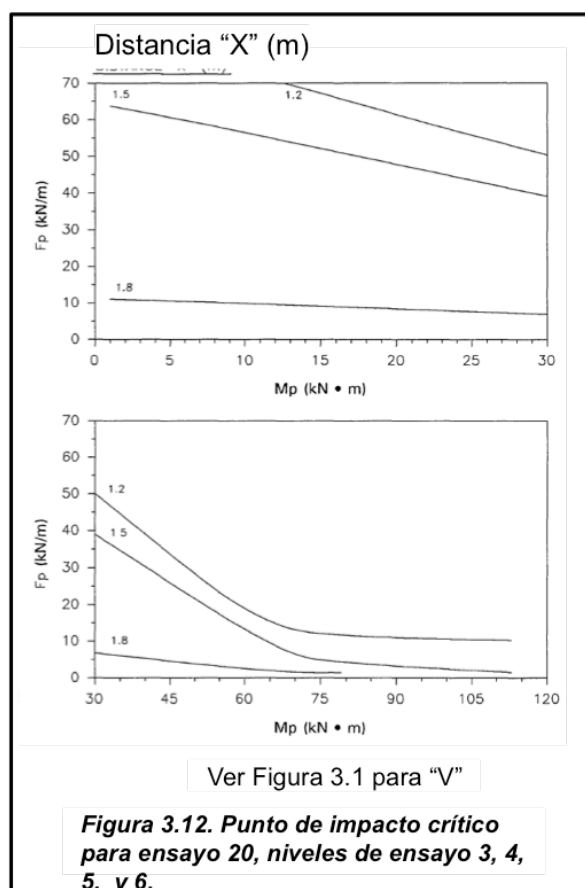
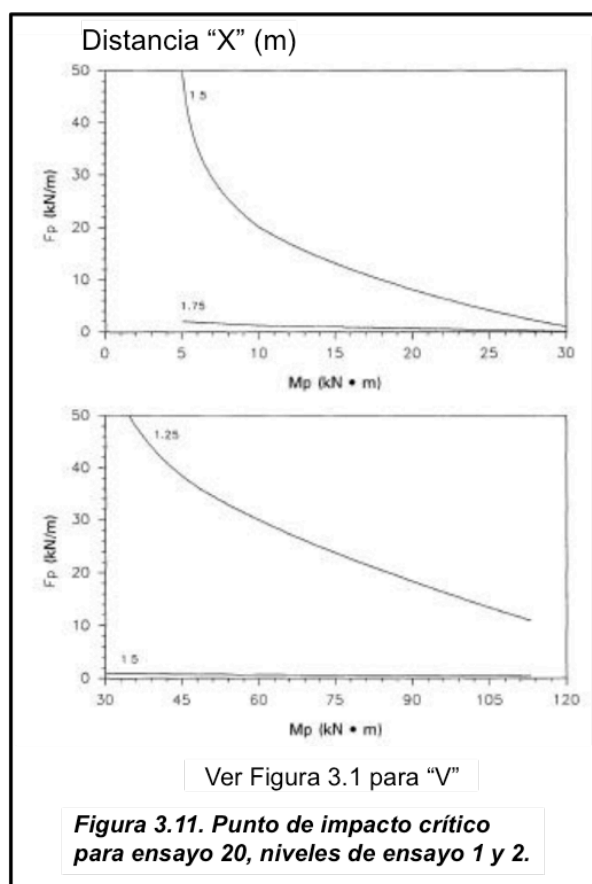


Tabla 3.10 Punto de Impacto Crítico para ensayos de barrera rígida con vehículos 700C, 820C, y 8000S

Designación Ensayo ^a	"X" Distancia ^{1b} (m)
1-10, SI-10, 2-10, S2-10	1.0
3-10, S3-10, 4-10, S4-10, 5-10, S5-10, 6-10, S6-10	1.1
1-11, 2-11	0.8
3-11, 4-11, 5-11, 6-11	1.3

^aVer Tabla 3.1 por descripciones de ensayo

^bVer Figura 3.1 por "x"

Tabla 3.11 Punto de Impacto crítico para ensayos de barreras de hormigón de perfil seguro

Designación Ensayo ^a	"X" Distancia ^{1b} (m)
1-10, SI-10, 2-10, S2-10	0.7
3-10, S3-10, 4-10, S4-10, 5-10, S5-10, 6-10, S6-10	0.8
1-11, 2-11	0.8
3-11, 4-11, 5-11, 6-11	1.2

^aVer Tabla 3.1 por descripciones de ensayo

^bVer Figura 3.1 por "x"

Tabla 3.12 Punto de Impacto crítico para ensayos de vehículo pesado

Designación Ensayo ^a	"X" Distancia ^{1b} (m)
4-12	1.5
5-12	-0,3
6-12	0.6

^aVer Tabla 3.1 por descripciones de ensayo

^bVer Figura 3.1 por "x"

Deben usarse las propiedades de la barrera más flexible para determinar F_p y M_p . Las Figuras 3.11 a 3.14 se desarrollaron con una transición a una barrera rígida. Cuando el sistema de barrera más fuerte no es rígida, la distancia x aumentará ligeramente. Los ensayos de choque y la simulación demostraron que este efecto es relativamente pequeño, y por lo general puede ignorarse. Una discusión más detallada de los procedimientos anteriores se puede encontrar en el Apéndice A, Sección A3.4.2.1, y en la referencia 16. Al ensayar los sistemas de barreras muy tiesos (es decir, esencialmente rígidos tal como barandas de puentes de hormigón) puede usarse la Tabla 3.10 para las distancias X de los ensayos indicados. Estos números también representan valores mínimos para las distancias x . Si las extrapolaciones de curvas en las figuras 3.7 a 3.14 dan valores PIC inferiores a los mostrados en la Tabla 3.10, la distancia "X" debe seleccionarse de la Tabla 3.10.

A diferencia de los sistemas de vigas y postes, las barreras rígidas de perfil-seguro dependen en gran medida de las fuerzas de contacto neumático/barrera para redirigir a los vehículos que impactan. Como resultado, las distancias críticas de impacto para estas barreras son algo diferentes de los valores anteriores para barreras rígidas. La Tabla 3.11 muestra PIC para los impactos de barrera de perfil-seguro; los datos mostrados se derivaron de ensayos de choque y simulación de impactos contra sistemas de barrera de perfil-seguro y autoportantes, libremente paradas. Aunque los ensayos y resultados de la simulación indican que estas barreras exhiben distancias críticas de impacto un poco más grandes que sus contrapartes rígidas, las diferencias no son significativas. La Tabla 3.11 puede usarse para sistemas de barreras rígidas de perfil seguro, incluyendo barreras prefabricadas de hormigón usadas en las zonas-de-trabajo.

3.4.2.2 *Ensayos con los vehículos 8000S, 36000V y 36000T*

Los camiones grandes no muestran la misma sensibilidad a enganchar las ruedas como los automóviles y camionetas. El punto de impacto crítico para estos vehículos debe elegirse para maximizar la carga sobre elementos críticos de las barreras, tales como juntas o empalmes. Debido a que los procedimientos generales para determinar los puntos críticos de impacto no están disponibles para los camiones grandes, estas distancias deben estimarse a partir de los ensayos de choque de barreras rígidas. La Tabla 3.12 muestra la distancia crítica x desde el punto de impacto hasta la ubicación de la carga lateral máxima, para una serie de ensayos de choque de vehículos pesados (17). Un número positivo indica que la carga máxima está aguas abajo del punto de impacto inicial, y un número negativo indica que la carga máxima está aguas arriba del punto de impacto inicial. Las distancias mostradas en esta tabla se midieron en una pared instrumentada rígida, por lo que representan valores mínimos. Pueden esperarse distancias ligeramente más grandes de barreras menos rígidas, y de barreras de hormigón de perfil-seguro. Se recomienda la simulación por computadora para estimar el PIC de un ensayo de camión, siempre que fuere práctico.

3.4.3 **Terminales y amortiguadores de impacto redirectivos**

Frecuentemente se usan los terminales de barrera y amortiguadores de impacto redirectivos para evitar que los vehículos impacten el final de una barrera o algún otro obstáculo rígido. La correcta ejecución de estos sistemas requiere la redirección de los vehículos que impactan el costado del dispositivo. Aunque no se realizaron estudios para identificar los puntos críticos de impacto de tales dispositivos, la experiencia de ensayos de choques indicó que para un objeto rígido angosto, el mayor potencial de enganche de rueda y embolsamiento ocurre cuando el centro del vehículo de ensayo se dirige al centro del objeto rígido. En el caso de un objeto rígido muy amplio, se cree que el mayor potencial de enganche y embolsamiento ocurre cuando el centro del vehículo se dirige a un lugar en el objeto de aproximadamente 0,6 m desde el borde del objeto rígido. Estos puntos se ilustran en la Figura 3.15. En la ausencia de guías más definitivas para determinar el PIC de un terminal o un amortiguador de impacto redirectivo, el punto de impacto para el Ensayo 38 puede determinarse según la Figura 3.15.

3.5 **ENSAYOS DE IMPACTOS LATERALES**

Anteriores guías de ensayos de dispositivos-de-seguridad laterales, y las presentadas aquí, usan un vehículo de prueba de trayectoria definida y guiada. Como tal, el vehículo se aproxima al artículo de ensayo sin guiños o movimientos de deslizamiento lateral; así, esencialmente las ruedas traseras siguen la trayectoria de las delanteras. En cambio, un gran porcentaje de vehículos errantes dejan la calzada e impactan contra dispositivos laterales en un modo de no-seguimiento o guiños (18). Además, el desempeño de impacto de un dispositivo-de-seguridad o disposición geométrica es más probable que sea inaceptable para un impacto sin seguimiento-de-ruedas o impacto lateral que para un impacto con seguimiento, para todas las otras condiciones iguales. La evidencia de este efecto puede hallarse en la bibliografía (7,19).

Un número limitado de ensayos de años recientes evaluaron los impactos laterales contra estructuras de soporte tipo-poste (20). Lamentablemente, como lo muestran los resultados de estos ensayos, no es posible diseñar los dispositivos-de-seguridad laterales y geométricas para satisfacer los criterios actuales de evaluación

para impactos laterales. En consecuencia, no se formulan recomendaciones en relación con el desempeño al impacto de un dispositivo-de-seguridad para impactos laterales.

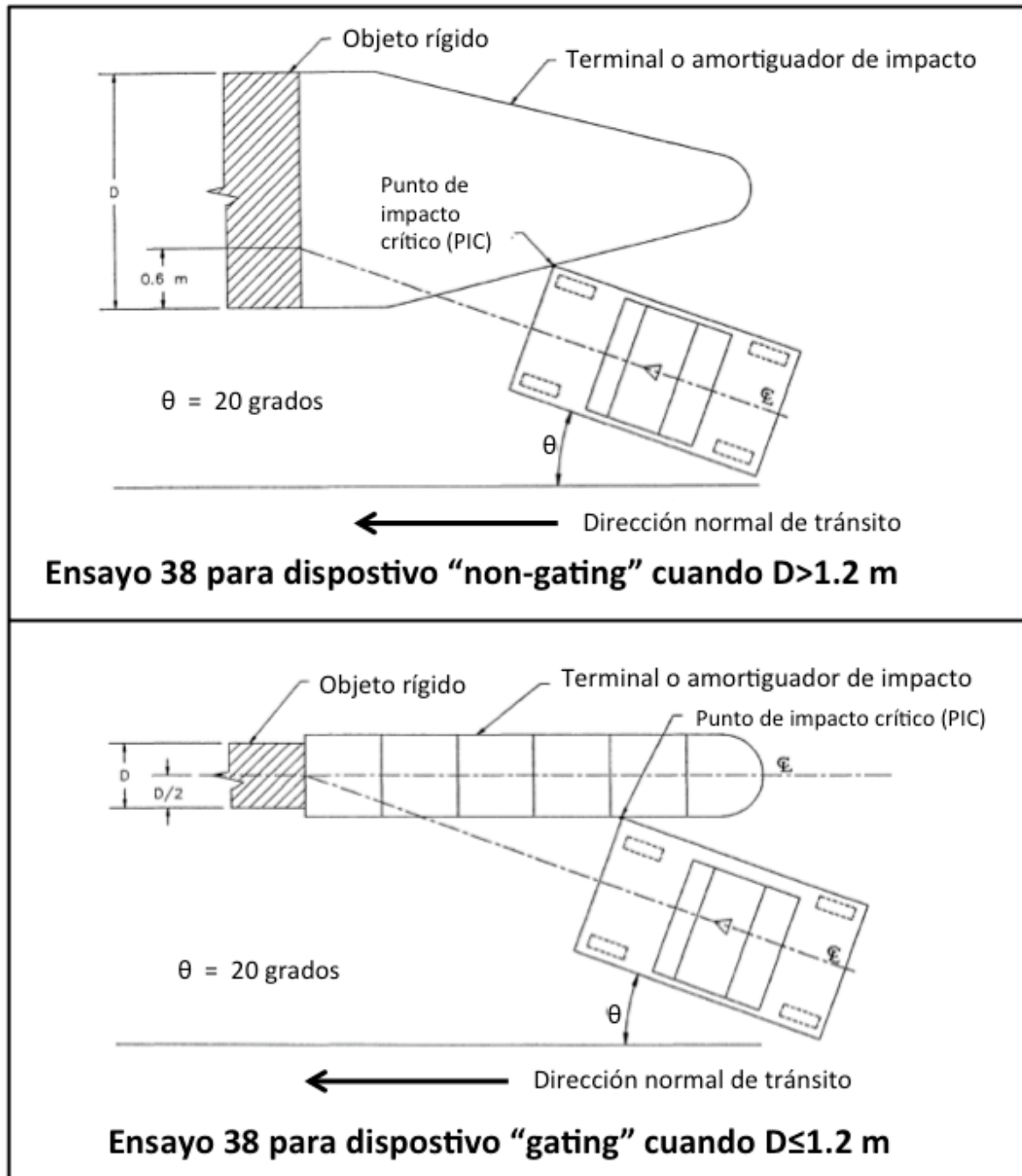


Figura 3.16. Punto crítico de impacto para el ensayo 38 de dispositivos "nongating".

Los riesgos de los ocupantes en un impacto lateral son altos, en gran medida por la muy limitada validez-al-choque vehicular para los impactos laterales. La estructura lateral de los vehículos-de-pasajeros relativamente "suave", más la estrecha proximidad de los ocupantes con la estructura lateral, presenta formidables problemas de protección de los ocupantes. Los dispositivos quebradizos no se activan fácilmente debido a la estructura lateral más suave, y porque la resultante fuerza de impacto se aplica en un punto más alto que para un impacto frontal. Hay una creciente propensión al vuelco cuando el vehículo no circula en el modo de seguimiento de ruedas traseras respecto de las delanteras.

Concurrente con el esfuerzo para preparar este informe, la FHWA patrocinó un estudio para examinar el problema del impacto lateral, y desarrollar procedimientos tentativos de ensayos de impacto lateral para estructuras soporte de señales y luminarias (21). En el Apéndice G se dan los procedimientos de ensayos y evaluaciones recomendadas desarrollados en el estudio de la FHWA.

Hasta que estas u otras guías se acepten nacionalmente, los desarrolladores de dispositivos-de-seguridad para las capacidades de impactos laterales pueden usar las guías del Apéndice G.

Esta discusión destaca la necesidad de más estudios para (a) definir la magnitud y naturaleza del problema del impacto de no-seguimiento y (b) desarrollar estrategias para mitigar el problema.

CAPÍTULO 4

ADQUISICIÓN DE DATOS

4.1 PARÁMETROS TÍPICOS

La documentación apropiada de un ensayo de choque involucra tres fases distintas. (1) Las propiedades clave del artículo de ensayo y el vehículo de ensayo deben registrarse en la fase preensayo. (2) Durante el ensayo en sí, es importante que el desempeño dinámico del artículo de ensayo y del vehículo de ensayo se registren correctamente. (3) Es esencial que los daños al artículo de ensayo, y al vehículo de ensayo se documenten en la fase posensayo.

4.2 PARÁMETROS PREENSAYO

En la fase de preensayo, el principal objetivo es documentar las propiedades del vehículo de ensayo y el artículo de ensayo, conforme a obra. En esta fase es esencial usar la fotografía. Los parámetros clave que deben documentarse en la fase preensayo se dan en la sección siguiente. Estos parámetros no son necesariamente todos los servicios incluidos, y deben complementarse con otros parámetros pertinentes, según fuere necesario.

4.2.1 Vehículo de ensayo

Se recomienda que los parámetros identificados en las Figuras 4.1 a 4.5 se midan y registren para los respectivos ensayos de vehículos. Para facilitar la presentación de informes estándares entre las agencias de ensayos, es preferible que los parámetros se registren en el formato mostrado. Deben tomarse fotografías preensayo de la parte exterior del vehículo de ensayo, y del habitáculo de los vehículos 700C, 820C y 2000P (Sección 4.4). La Sección 4.3.3 contiene las recomendaciones para colocar el acelerómetro y su documentación. En ausencia de un método más exacto, debe usarse el procedimiento de la referencia 81 para determinar la posición del centro de masa de vehículos de dos ejes.

Además de la información de las Figuras 4.1 a 4.5, el uso de lastre en cualquiera de los vehículos del ensayo debe estar debidamente documentado, incluyendo tipo, masa, ubicación, centro de masa, método por el que se fija, y fotos del lastre. Cuando fuere posible debe medirse y registrarse la posición longitudinal y vertical del centro de masa del semirremolque (tractor y remolque) sin lastres, de los vehículos 36000V y 36000T.

En los ensayos de barreras longitudinales de hormigón, algunas agencias de ensayos usaron tiza o pintura en la pared lateral de los neumáticos que entran en contacto con la barrera. Se usan tizas o pintura de diferentes colores para determinar la longitud y altura de contacto de cada neumático con la barrera. Esta práctica es aceptable, siempre que la tiza o la pintura no modifiquen sensiblemente las propiedades de la fricción neumático-barrera.

Para un ensayo de TMA debe documentarse: año, marca y modelo de la camioneta de apoyo, masa de lastre, ensayo de masa de inercia del camión de apoyo, y la distribución de la masa inercial de ensayo entre los ejes delantero y trasero, ubicación y forma en que se sujetó el balasto, y forma en que se frenó el camión de apoyo. Consultar la Sección 2.3.2.4 para las recomendaciones sobre el frenado del camión.

4.2.2 Artículo de ensayo

4.2.2.1 General

Para cualquier ensayo debe informarse el tipo de suelo o la superficie del suelo sobre el que está montado el artículo, y sobre la cual tiene lugar la trayectoria del vehículo en la aproximación preimpacto, y la trayectoria tras el impacto del vehículo. Las especificaciones del material deben remitirse a una norma reconocida a nivel nacional, tales como ASTM, AASHTO, ACI, AISC, o AISI. El informe de investigación debe documentar todos los

datos pertinentes de la construcción del artículo de ensayo, incluyendo el dispositivo especial usado, los problemas encontrados, y así sucesivamente.

Los datos informados deben basarse en una cuidadosa revisión de la instalación real del artículo de ensayo; no sólo dibujos de diseño y especificaciones. Los siguientes son parámetros clave para los respectivos artículos de ensayo.

4.2.2.2 Barreras longitudinales

Geometría. Alturas y longitudes de montaje de los elementos de baranda; espaciamiento de postes; longitud de la instalación de ensayo; alineamiento y guía de la barrera con relación a la aproximación vehicular; punto de impacto objetivo relativo al extremo de la barrera.

Fundación. Forma en que se apoyó la barrera, incluyendo la descripción de los detalles estructurales del tablero y vinculación baranda-tablero para las barandas de puente; detalles de muro de ala prototipo o extremo de puente y detalles de su fundación usada en un ensayo de transición; procedimientos de empotramiento de postes incrustados en el suelo (hincados, perforados y rellenados, colocados en inserciones hincadas, zapatas de hormigón, etc.); profundidad de empotramiento del artículo de ensayo; descripción del suelo y sus propiedades, cuando así proceda; descripción de la superficie sobre la cual descansa una barrera temporaria autoportante, y sus propiedades friccionales.

Condiciones de extremidades. Forma en que se anclaron los extremos de la barrera, si se anclaron, incluyendo tratamientos finales convencionales, tales como un terminal quebradizo con cable, o diseños finales de anclaje especial. Algunos sistemas de barreras de cable usan una temperatura que compensa el anclaje extremo para mantener un monto especificado de tensión de cable. Cuando se usen, deben documentarse los detalles, incluyendo la tensión del cable al momento del ensayo.

Especificaciones de material y acabado. En el ensayo de un artículo se usan especificaciones de baranda según ensayo y material de postes y otros elementos estructurales principales, y su *hardware* asociado (sujetadores, tuercas, arandelas, placas de refuerzo, etc.). También deben informarse tamaños reales y las propiedades físicas y químicas de los elementos de *hardware*.

Detalles de la conexión. Detalles de conexión de elementos de barrera de hormigón prefabricados usados en las zonas-de-trabajo; pernos, tuercas y arandelas usadas para anclar un poste de baranda de puente al tablero o pila; pernos, tuercas y arandelas y otro *hardware* usado para conectar elementos entre sí, a los postes de apoyo, o a un pilar de un puente; torques correspondientes, cuando proceda.

4.2.2.3 Terminales y amortiguadores de impacto

Geometrías. Alturas de montaje de elementos de baranda; espaciamiento de postes; longitud de instalación de ensayo, incluyendo la estructura de respaldo si se usa; posición de los elementos de absorción de energía; punto de impacto relativo al extremo del artículo.

Fundación. Forma en que se apoyó el dispositivo, incluidos los procedimientos de empotramiento para postes incrustados en el suelo (hincado, perforados y rellenados, colocados en inserciones hincadas, zapata de hormigón, etc.); Descripción de los suelos, y las propiedades del suelo, cuando sea pertinente. Descripción de la superficie en la que el dispositivo de sujeción independiente estaba descansando, incluyendo sus propiedades de fricción cuando así proceda.

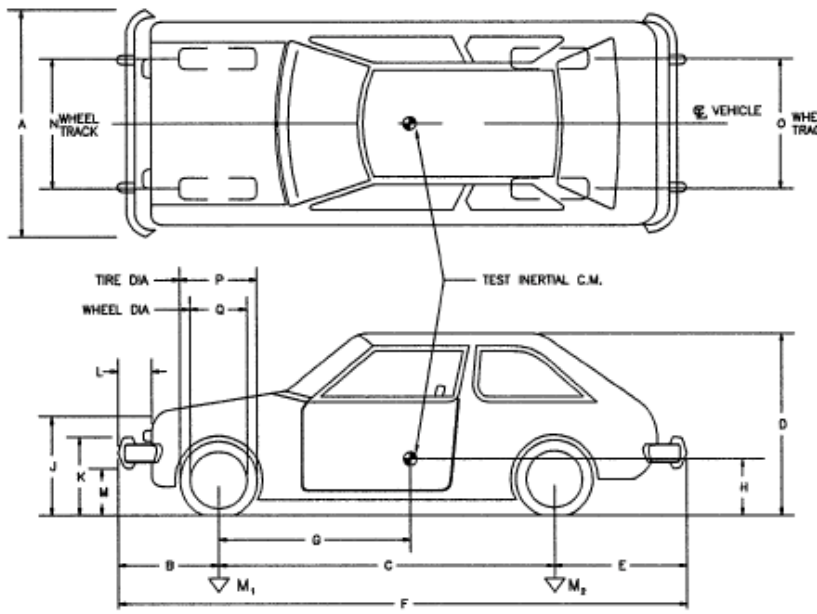
Condiciones de extremidades. Forma en que estaban anclados los extremos del dispositivo, incluidos los anclajes de cable y las estructuras de respaldo especiales cuando se usa.

Especificaciones de material y acabado. Especificaciones de barandas según-ensayo y material de postes, otros elementos estructurales, elementos de absorción de energía, y el *hardware* asociado (sujetadores, tuercas, arandelas, placas de refuerzo, etc.) que se usa en el artículo de ensayo. Tamaños de elementos de *hardware*.

DATE: _____ TEST NO.: _____ VIN NO.: _____ MAKE: _____
 MODEL: _____ YEAR: _____ ODOMETER: _____ TIRE SIZE: _____
 TIRE INFLATION PRESSURE: _____

MASS DISTRIBUTION (kg) LF _____ RF _____ LR _____ RR _____

DESCRIBE ANY DAMAGE TO VEHICLE PRIOR TO TEST:



ENGINE TYPE: _____
 ENGINE CID: _____
 TRANSMISSION TYPE:
 — AUTO
 — MANUAL
 OPTIONAL EQUIPMENT:

DUMMY DATA:
 TYPE: _____
 MASS: _____
 SEAT POSITION: _____

GEOMETRY - (cm)

A _____ D _____ G _____ K _____ N _____ Q _____
 B _____ E _____ H _____ L _____ O _____
 C _____ F _____ J _____ M _____ P _____

<u>MASS - (kg)</u>	<u>CURB</u>	<u>TEST INERTIAL</u>	<u>GROSS STATIC</u>
M_1	_____	_____	_____
M_2	_____	_____	_____
M_T	_____	_____	_____

Figura 4.1. Parámetros de los vehículos 700C y 820C.

DATE: _____	TEST NO.: _____	VIN NO.: _____	MAKE: _____
MODEL: _____	YEAR: _____	ODOMETER: _____	GVW: _____
TIRE SIZE: _____	TIRE INFLATION PRESSURE: _____	TREAD TYPE: _____	

MASS DISTRIBUTION (kg) LF _____ RF _____ LR _____ RR _____

DESCRIBE ANY DAMAGE TO VEHICLE PRIOR TO TEST:

ENGINE TYPE: _____

ENGINE CID: _____

TRANSMISSION TYPE:

— AUTO

— MANUAL

OPTIONAL EQUIPMENT:

DUMMY DATA:

TYPE: _____

MASS: _____

SEAT POSITION: _____

GEOMETRY - (cm)

A _____	D _____	G _____	K _____	N _____	O _____
B _____	E _____	H _____	L _____	P _____	
C _____	F _____	J _____	M _____		

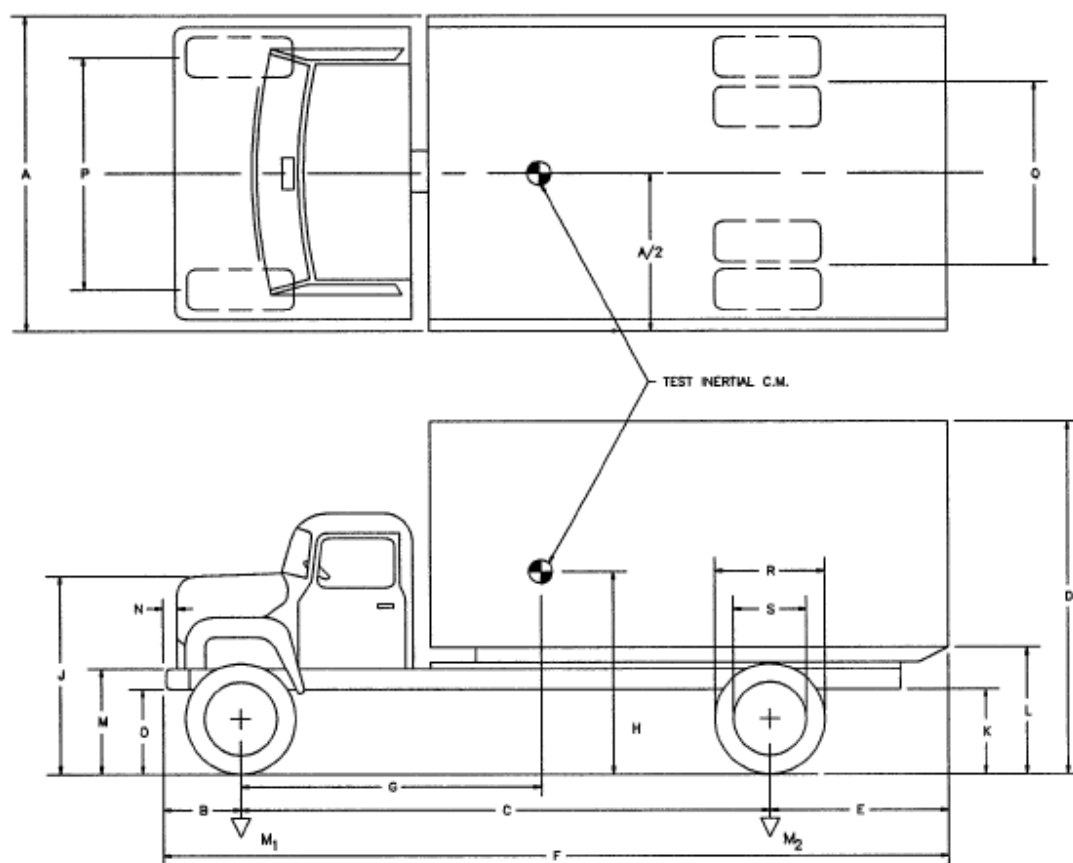
<u>MASS - (kg)</u>	<u>CURB</u>	<u>TEST INERTIAL</u>	<u>GROSS STATIC</u>
M_1	_____	_____	_____
M_2	_____	_____	_____
M_T	_____	_____	_____

Figura 4.2. Parámetros del vehículo 2000P.

DATE: _____ TEST NO.: _____ VIN NO.: _____ MAKE: _____
 MODEL: _____ YEAR: _____ ODOMETER: _____ TIRE SIZE: _____

MASS DISTRIBUTION (kg) LF _____ RF _____ LR _____ RR _____

DESCRIBE ANY DAMAGE TO VEHICLE PRIOR TO TEST:



GEOMETRY - (cm)

A _____	D _____	G _____	K _____	N _____	Q _____
B _____	E _____	H _____	L _____	O _____	R _____
C _____	F _____	J _____	M _____	P _____	S _____

MASS - (kg)

CURB

TEST
INERTIAL

GROSS
STATIC

M_1	_____	_____	_____
M_2	_____	_____	_____
M_T	_____	_____	_____

Figura 4.3. Parámetros del vehículo 8000S.

DATE: _____ TEST NO.: _____

TRACTOR:
 VIN NO.: _____ MAKE: _____ MODEL: _____
 YEAR: _____ ODOMETER: _____

TRAILER:
 VIN NO.: _____ MAKE: _____ MODEL: _____
 YEAR: _____

DESCRIBE ANY DAMAGE TO VEHICLE PRIOR TO TEST:

GEOMETRY - (cm)

A _____	D _____	G _____	K _____	N _____	Q _____	T _____
B _____	E _____	H _____	L _____	O _____	R _____	U _____
C _____	F _____	J _____	M _____	P _____	S _____	V _____
W _____						

<u>MASS - (kg)</u>	<u>CURB</u>	<u>TEST INERTIAL</u>	<u>GROSS STATIC</u>
M ₁	_____	_____	_____
M ₂	_____	_____	_____
M ₃	_____	_____	_____
M ₄	_____	_____	_____
M ₅	_____	_____	_____
M _T	_____	_____	_____

Figura 4.4. Parámetros del vehículo 36000V.

DATE: _____ TEST NO.: _____

TRACTOR:

VIN NO.: _____ MAKE: _____ MODEL: _____

YEAR: _____ ODOMETER: _____

TRAILER:

VIN NO.: _____ MAKE: _____ MODEL: _____

YEAR: _____

DESCRIBE ANY DAMAGE TO VEHICLE PRIOR TO TEST:

GEOMETRY - CM

A _____ D _____ G _____ K _____ N _____ Q _____ T _____

B _____ E _____ H _____ L _____ O _____ R _____ U _____

C _____ F _____ J _____ M _____ P _____ S _____ V _____

W _____

MASS - Kg	CURB	TEST INERTIAL	GROSS STATIC
M ₁	_____	_____	_____
M ₂	_____	_____	_____
M ₃	_____	_____	_____
M ₄	_____	_____	_____
M ₅	_____	_____	_____
M _T	_____	_____	_____

Figura 4.5. Parámetros del vehículo 3600T.

4.2.2.4 *Estructuras de apoyo, dispositivos-de-control-de-tránsito de zona-de-trabajo y postes quebradizos de servicios públicos*

Geometría y masas. La altura y el ancho del panel de señal; altura del panel de señal por encima del nivel de montaje; espaciamiento de los múltiples postes soportes de señales; masa de todos los componentes de soporte quebradizos, y sistemas de postes de servicios públicos; punto de impacto objetivo y dirección de aproximación vehicular relativa para ensayar el artículo; guía de mecanismo de fusibilidad en relación con aproximación vehicular; posición de elementos de fijación usados en el montaje de panel de señal con contravientos (si se usan) y en la conexión de vigas contraviento (o panel) para apoyar los postes; dimensiones de los dispositivos-de-control-de-tránsito; altura de montaje y detalles de conexión de las luces usadas en los dispositivos-de-control-de-tránsito; ubicación de planos de deslizamiento y de puntos de quiebre relativos al terreno de soportes quebradizos; altura de poste de luminaria y luminaria; dimensión y orientación del brazo soporte de luminaria en voladizo; altura del poste y cruceta para poste de servicios públicos; tamaño y ubicación de todos los elementos montados en soporte de cabinas de llamada de emergencia, o apoyo de buzón.

Fundación. Procedimientos de empotramiento para postes o mástiles incrustados en el suelo (impulsada, perforado y relleno, colocados en inserciones hincadas, zapata de hormigón, etc.); profundidad de empotramiento de artículo de ensayo; Descripción del suelo y sus propiedades de ser pertinentes; Descripción de la superficie en la que el dispositivo de sujeción independiente estaba descansando y sus propiedades de fricción, si procede.

Especificaciones de material y acabado. Deben informarse las especificaciones para baranda según-ensayo y el material de postes, y de otros elementos estructurales principales y asociados (sujetadores, tuercas, arandelas, placas de refuerzo, etc.) usados en el artículo del ensayo, y sus tamaño y propiedades físicas y químicas.

Detalles de la conexión. Apriete de pernos en bases deslizantes y quiebres de dispositivos quebradizos, y otras conexiones relevantes.

4.2.2.5 *Amortiguador de impacto montado en camión (TMA)*

Geometría y masa. Longitud, anchura y altura de amortiguador; altura de amortiguador respecto del terreno; longitud de camión soporte; masa del TMA y sistema de montaje; dibujos detallados de hardware de montaje; punto de impacto específico en TMA.

Superficie de ensayo. Descripción de la superficie de ensayo, incluyendo el tipo (asfalto u hormigón de cemento Portland), acabado y otros dispositivos que pudieran afectar sus propiedades de fricción.

Especificaciones de material y acabado. Especificaciones para el atenuador según-ensayo, otros elementos estructurales, y elementos asociados (sujetadores, tuercas, arandelas, placas de refuerzo) usados en el artículo de ensayo; tamaños de elementos de *hardware*.

Camión de soporte. Forma en que se frenan las ruedas del camión soporte (es decir, los frenos convencionales, bloqueo mecánico de ruedas).

4.3 PARÁMETROS DE ENSAYO

4.3.1 General

Son parámetros importantes: la velocidad y ángulo de impacto, el punto de impacto en el vehículo y artículo de ensayo, el desplazamiento dinámico del artículo de ensayo, la velocidad y ángulo de salida del vehículo, las aceleraciones vehiculares, y la respuesta tridimensional del vehículos. La velocidad y el ángulo de salida se miden en el momento en que el vehículo pierde contacto con el artículo de ensayo. Para algunas estructuras de apoyo, como un soporte flexible de señal, o sus partes, puede permanecer en contacto con el vehículo durante una distancia considerable, más allá del punto de impacto inicial. En esos casos, la velocidad y el ángulo de salida se pueden medir en el momento en que el vehículo pasa la base o pie soporte del artículo de ensayo. Es deseable

medir y registrar la longitud de contacto del vehículo con la barrera, la distancia en el aire del vehículo, y la máxima elevación de paragolpes y ruedas. Las tensiones dinámicas del artículo de ensayo pueden ser de interés en algunos ensayos. En la Tabla 4.1 se dan los parámetros clave que deben documentarse en la fase de ensayo.

Tabla 4.1 Parámetros clave de ensayo

Parámetro	Tolerancia de Medición Recomendada	Medición Técnica Aceptable	Observaciones
Velocidad de Impacto y de Salida	Ver Sección 4.3.2	a) Trampa de Velocidad b) Cine de alta velocidad c) Radar d) Quinta Rueda e) Cine de alta velocidad f) Índice de Giro	Para acelerar el impacto solamente. Velocidad de la película mínima de 400 cuadros/s.
Ángulo de impacto y de salida	$\pm 0,1$ grados	Escalas Convencionales	Velocidad de la película mínima de 200 cuadros/s. con la cámara de arriba. Integrar datos giroscopio para obtener ángulo de salida.
Punto de impacto Artículo de ensayo	± 30 cm	Escalas Convencionales	
Vehículos	$\pm 0.05 W^w$		
Aceleración Vehicular	Ver Sección 4.3.2 y 4.3.3	Acelerómetros	Ver secciones 4.3.2 y 4.3.3.
Trayectoria Vehicular	± 30 cm	Cine de alta velocidad	Velocidad de la película mínima de 200 cuadros/s. Vistas superior y extremo de instalación preferidas.
Índices de alabeo, cabeceo, y guiño vehicular	$\pm 1\%$ de escala completa	Índice de Giros	La sensibilidad debe ser $\leq 0,02$ grados/s/G.
Artículo de ensayo Dinámico Deformación	± 5 cm	Cine alta velocidad Desplazamiento Potenciómetros	Velocidad de la película mínima de 200 cuadros/seg cámara desde arriba
Ocupante (opcional) (a) Cinemática	(No Aplica)	Dispositivo antropomórfico o antropométrico Onboard Cine	La cámara de cine a bordo debe tener velocidad de la película mínima de 64 cuadros/s; debe estar posicionada para capturar el movimiento ficticio esperado. Como mínimo, el maniquí debe tener la distribución de la masa bruta y movimientos articulares graves de un hombre sustituto del 50º percentil.
(b) Cinética: aceleraciones, fuerzas, y Desplazamientos	Consulte la Sección 4.3.2	Dispositivo antropomórfico	50 percentil Híbrido III conforme a la Parte 572, Subparte E, Título 49 del Código de Regulaciones Federales, Capítulo V (01/10/88 Edition) (limitada a impactos frontales).

^wW = Anchura del vehículo

4.3.2 Especificaciones de instrumentación electrónica y fotográfica

Excepto como se indica en esta sección, se recomienda usar las especificaciones de instrumentación electrónica y óptica SAE J211 OCT88, cuya copia se incluye en el Apéndice C. La Parte 1 se refiere a la instrumentación electrónica y la Parte 2 a la instrumentación fotográfica. En la Parte 1 se incluyen las especificaciones de requisitos de desempeño de canales de datos, selección de canal de datos, montaje de los transductores, convención de señales, datos de grabación, procesamiento de datos digitales, las marcas de reglaje, el tiempo de contacto inicial, y la presentación de los resultados. Con respecto a los ensayos de dispositivos-de-seguridad vial, la Parte 1 de las especificaciones se aplica principalmente a determinar la velocidad de impacto del vehículo de ensayo, y los factores relacionados con la medición, registro, y reducción de aceleraciones vehiculares. La Parte 1 se aplica también a factores relacionados con la medición, registro, y reducción de aceleraciones de los ocupantes sustitutos, fuerzas y desplazamientos. En la medida en que la instrumentación fotográfica se use para estos mismos fines, es aplicable la Parte 2 de las especificaciones.

Con respecto a SAE J211 OCT88, se formulan excepciones y adiciones siguientes:

- Contrariamente a la aparente recomendación en la Parte 1, Sección 5, no es necesario que todos los datos se reúnan en la clase 1000 o superior. Más bien se recomienda usar las clases de respuesta de frecuencia dadas en la Tabla 1 de la Parte 1, Sección 5. En concreto, los datos para "aceleraciones estructurales de vehículos para su uso en la integración de velocidad o desplazamiento" se deberán recoger en la clase de canal 180.
- Con respecto a la Parte 1, Sección 12, se recomienda que las aceleraciones vehiculares se filtren en una "clase de frecuencia de canal" de 60 Hz, antes de trazar los datos de aceleración en función del tiempo presentados en el informe de ensayo.
- Sección A2.2 es opcional y la Sección A.3 no es aplicable.
- La Parte 2, Sección 3.1.1, no es aplicable si se usan lentes gran-angular, que no cumplan el "índice de distorsión."

Con respecto a la medición de aceleraciones, SAE J211 OCT88 no especifica una Clase de Amplitud de Canal (CAC); es decir, el nivel máximo de aceleración para el acelerómetro. La selección de la CAC debe hacerla el organismo de inspección. La CAC debe seleccionarse para maximizar la exactitud de los resultados esperados, sin exponer el acelerómetro a un riesgo de daño indebido. En general, puede esperarse una buena precisión si las aceleraciones medidas están cerca del rango medio de los límites del acelerómetro. En la medida de lo posible, la CAC debe seleccionarse con base en una revisión de los resultados de ensayos similares, y en el mejor juicio de la agencia de ensayos.

La convención de señales en SAE J211 OCT88 difiere de la del *NCHRP Informe 230*. La convención recomendada, de acuerdo con SAE J211 OCT88, para un vehículo es:

- x-positivo en la dirección de movimiento hacia adelante normal,
- y-positivo hacia la derecha, y
- z positiva verticalmente hacia abajo.

Típicamente, el origen de estos ejes se coloca en el centro de masa del vehículo, Figura 4.6.

4.3.3 Ubicación de acelerómetro y reducción de datos de vehículos de ensayo 700C, 820C, y 2000P

Es importante medir o calcular las aceleraciones vehiculares con respecto a un punto en común, para que puedan esperarse resultados significativos y coherentes de diversas agencias de ensayos. Las aceleraciones de vehículos en el centro de masa del vehículo se usan para calcular uno de los criterios de valoración crítica, es decir, el riesgo de los ocupantes. Es importante colocar un conjunto triaxial de los acelerómetros en o muy cerca del centro de masa del vehículo. Si los acelerómetros no se pueden colocar en un radial ± 5 cm, medido en el plano xy del centro de masa, se recomienda usar el método de instrumentación y reducción de datos que figura en el Apéndice A, Sección A4.3.3.

Los acelerómetros deben montarse en un elemento estructural principal del vehículo, para medir movimientos "rígidos" de la carrocería. Se recomienda un bloque de metal para combinar acelerómetros en una estructura común; el bloque puede entonces estar unido al vehículo. La masa del bloque debe ser mínima para no alterar apreciablemente la respuesta de frecuencia del elemento estructural al que está unido.

Aunque la evaluación de riesgo de ocupantes usando el modelo de espacio de azoteo (mayal) no se requiere para los vehículos 8000S, 36000V, y 36000T, se recomienda usar un procedimiento similar al de la Sección A4.3.3 para medir aceleraciones en los vehículos. Para el vehículo 8000S se necesitan dos conjuntos de acelerómetros longitudinales y laterales delante de la interfaz cabina/carga de camioneta para determinar aceleraciones en cualquier punto a lo largo del eje-x delante de la interfaz, y se necesitan dos juegos popa-proa de la interfaz para determinar aceleraciones en cualquier punto de la interfaz. Se necesitan dos conjuntos en el tractor y dos conjuntos en el remolque para determinar las aceleraciones en cualquier punto a lo largo del eje x en el tractor y el remolque de los vehículos de 36000V y 36000T.

4.4 PARÁMETROS DE POSENSAYO

Después del ensayo se deben documentar y informar la deformación, daño y posición de descanso final, del artículo de ensayo (o sus partes) y del vehículo. Esto incluye la distancia recorrida adelante por el camión soporte en un ensayo TMA. Se deben determinar e informarse la "escala de daños vehiculares" (VDS por sus siglas en inglés) (75) y la "clasificación de daños por choque" (CDC por sus siglas en inglés) (76). En la Tabla 4.2 se dan los parámetros clave que se deben documentar en la fase posensayo. Además de las mediciones recomendadas, es importante documentar totalmente estos parámetros fotográficamente.

Se deben describir los modos de colapso y falla del artículo de ensayo y sus componentes. Cuando fuere aplicable, esto incluye la fundación, sujetadores y otros elementos. Se recomienda seguir el ensayo de materiales para determinar las propiedades físicas y químicas de un fallo inesperado de un componente. Los resultados de los ensayos de seguimiento se deben discutir y presentar en el informe de ensayo.

Uno de los factores considerados en la evaluación de un ensayo de choque es la integridad estructural del habitáculo (Capítulo 5). Estos criterios requieren que el artículo de ensayo no penetre en el habitáculo y que no haya deformaciones o intrusiones en el habitáculo que pudieran causar una lesión incapacitante. En ausencia de una medida aceptable de tales deformaciones o intrusiones, es esencial notificar la documentación adecuada en forma de fotografías de los daños del habitáculo. Se deben tomar fotografías del interior antes del ensayo, para

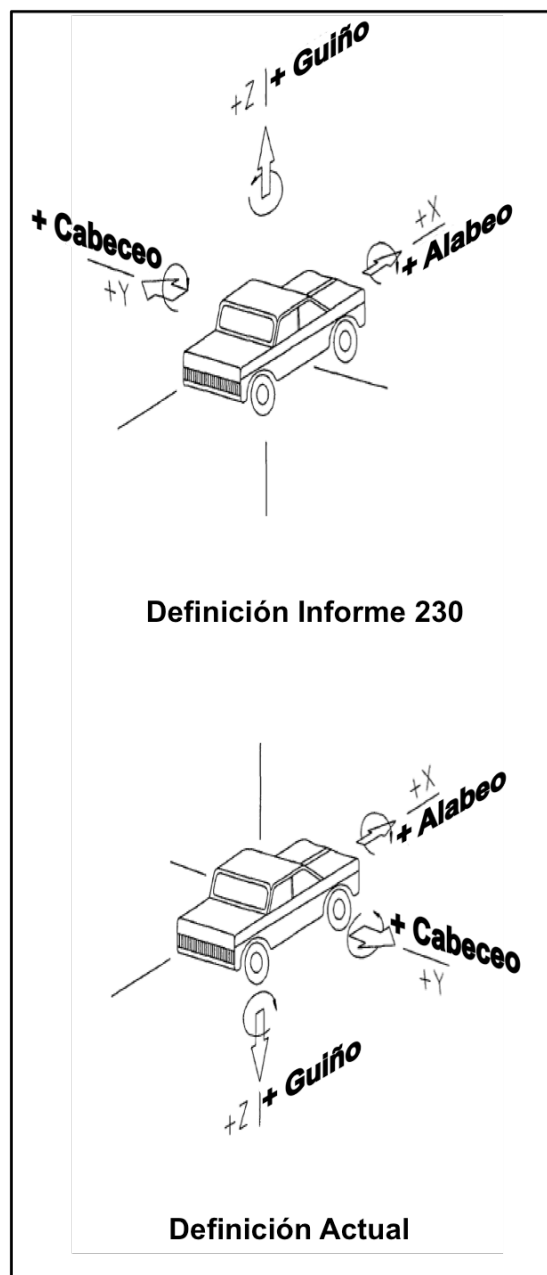


Figura 4.6. Definición de convención de sentido

permitir comparar las condiciones antes-y-después. Hasta que se desarrolle una metodología aceptable, se recomienda usar el procedimiento indicado en el Apéndice E para calcular y documentar un Índice Deformación Habitáculo (OCDI por sus siglas en inglés). Se recomienda usar el OCDI únicamente con fines informativos y no para determinar la aceptación de un ensayo; su uso permitirá un cierto grado de cuantificación de daños del habitáculo. Al ganar experiencia con su uso, los criterios de aceptación definitivos podrán establecerse. El OCDI también será usado por el Comité Europeo de Normalización para cuantificar la deformación del habitáculo (77).

Ocasionalmente, cuando el chasis del vehículo contacte el artículo de ensayo se puede dañar el cárter de aceite, tanque de gas, u otros componentes. Se deben documentar e informar estos casos.

4.5 PARÁMETROS ADICIONALES

Las recomendaciones anteriores en relación con la adquisición de datos se basan en ensayos hasta la fecha de los artículos de ensayo conocidos hasta la fecha. A medida que se desarrollen nuevos dispositivos-de-seguridad con características especiales de diseño y desempeño, puede ser necesario modificar estas recomendaciones, que no se deben considerar con todo-incluido. Otros parámetros propios de un artículo de ensayo, o para su aplicación prevista, o parámetros propios del vehículo de ensayo pueden requerir técnicas de adquisición de datos adicionales.

Tabla 4.2 Parámetros clave de ensayo

Parámetro	Tolerancia de Medición Recomendada	Medición Técnica Aceptable	Observaciones
<u>Artículo ensayado</u>			
Deformación o Desplazamiento Permanente (si procede)	± 5 cm	Escalas Convencionales Transporte público	<u>Ver Sección 5.2.</u>
Posición de reposo final (si procede)	± 30 cm	Escalas Convencionales Transporte público	<u>Buscar e informar desechos significativos.</u> <u>Ver Sección 5.3.</u>
Daños generales	(No Aplicable)	Inspección Visual	<u>Identificar e informar daños significativos.</u>
<u>Vehículo ensayado</u>			
Posición Final de Descanso	± 30 cm ± 5,0 grados	Escalas Convencionales Transporte público	
Daños Exterior	(No aplicable)	Inspección visual y Fotos	Fotos estándares VDS deben mostrarse en el informe.
Daños Interior	(No aplicable)	Inspección visual y Fotos Ver Apéndice E	Ver Sección 4.4.
Daños chasis	(No aplicable)	Inspección visual y Fotos	Ver Sección 4.4.

CAPÍTULO 5

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

5.1 GENERAL

Los criterios de evaluación de desempeño de seguridad recomendados para los dispositivos-de-seguridad se dan en la Tabla 5.1; tres factores de evaluación de desempeño dinámico se dan junto con los criterios de evaluación recomendadas y ensayos aplicables. Los factores son (1) adecuación estructural, (2) riesgo de los ocupantes, y (3) respuesta vehicular posimpacto.

En la medida de lo posible y práctico, los valores límites recomendados para los respectivos criterios de evaluación se basan en la tecnología actual y, de ser necesario, en el juicio colectivo de expertos en el diseño de la seguridad a los costados de la calzada. Los criterios de desempeño se establecieron a finales de los 1960 sobre una filosofía de “estado-de-lo-posible”, que básicamente sostiene que a medida que las condiciones tecnológicas y económicas lo permitan, se deben esperar niveles más altos de desempeño de seguridad de ciertos dispositivos-de-seguridad, que de otras. Los requisitos de desempeño al impacto de un soporte quebradizo de señal o soporte de luminaria son más exigentes que un amortiguador de impacto. Los valores recomendados tienen en cuenta las limitaciones de los procedimientos de ensayo recomendados, y las metodologías usadas para estimar el riesgo de los ocupantes. En vista de la gran complejidad de los choques vehiculares, la forma compleja en la que un ocupante responde dinámicamente al choque, y la naturaleza compleja de las tolerancias humanas para impactar, los criterios recomendados se deben tratar como guías generales y no como criterios absolutos. En última instancia, la adecuación de estos u otros criterios debe establecerla el organismo encargado de aplicar el dispositivo de seguridad en evaluación.

Los criterios de evaluación se relacionan con el desempeño al impacto del dispositivo-de-seguridad. Los costos (instalación, mantenimiento, reparación de daños, etc.), estética, facilidad de mantenimiento, durabilidad, y otros requisitos de servicio no son evaluados.

5.2 ADECUACIÓN ESTRUCTURAL

Generalmente, la adecuación estructural es el primer factor por evaluar, y el dispositivo-de-seguridad debe desempeñarse exitosamente según los requisitos de la Tabla 5.1. Según su función prevista, el dispositivo puede satisfacer la adecuación estructural redirigiendo al vehículo, deteniéndolo de manera controlada, permitiendo que frene a través del dispositivo.

Los criterios de adecuación estructurales se refieren a los requisitos estructurales asociados con el impacto mismo. Los criterios que contiene no implican, por ejemplo, que un sistema de soporte de señales que cumple los requerimientos de adecuación estructural de un ensayo, cumplirá los requerimientos de adecuación estructural de cargas de viento y nieve, u otras consideraciones aplicables.

Actualmente se usan mucho las barreras longitudinales temporales en zonas-de-trabajo; las más usadas son autoportantes de hormigón prefabricadas, sin anclajes entre los módulos o al piso. Cada vez en zonas-de-trabajo se recurre más a las barreras de hormigón prefabricadas “movibles”, para separar el tránsito en carriles de alta-ocupación; típicamente la barrera móvil se desplaza lateralmente desde un carril a otro, una o más veces por día. Una preocupación primaria para barreras de este tipo es la deflexión a que se someten durante un impacto vehicular. Debido a que la cantidad a que una instalación dada puede desviar sin consecuencias adversas depende de las condiciones del lugar, no es factible establecer valores límite de deflexión para los ensayos de choque de estas barreras. Más bien, es importante medir e informar el desplazamiento producido durante el ensayo para que una agencia usuaria pueda evaluar objetivamente la idoneidad de la barrera para su aplicación prevista.

5.3 RIESGO DE OCUPANTES

El riesgo de heridas del ocupante durante un impacto contra un dispositivo-de-seguridad vial depende en gran medida de la validez-al-choque del vehículo que impacta. La validez al choque depende en gran parte del diseño del compartimiento de ocupantes, incluyendo factores tales como integridad estructural, acolchados, sistemas de retención, etc. En la medida posible, la variabilidad de la validez-al-choque vehicular se quitó de la evaluación de los dispositivos-de-seguridad. El riesgo de ocupante se pondera según las aceleraciones vehiculares brutas, porque primariamente son funciones del diseño del dispositivo de seguridad, y del diseño estructural externo del vehículo de ensayo. En tanto el ingeniero vial está esencialmente interesado en la seguridad de los ocupantes de los vehículos, los criterios de riesgo de ocupante de la Tabla 5.1 se consideran como guías para desempeños dinámicos generalmente aceptables.

Los elementos quebradizos, fragmentos, u otros escombros desde el artículo de ensayo no deben penetrar o mostrar potencial de penetrar en el compartimiento de ocupante, o trabajadores en una zona de construcción, si cabe. El grado al cual los elementos quebradizos, fragmentos, u otros escombros -más el desplazamiento de una barrera temporaria- presenta un peligro para otro tránsito, peatones, y trabajadores en una zona de construcción dependerá de la ubicación del dispositivo y condiciones del impacto. Cuando es golpeada por un vehículo, una señal en una mediana impone un peligro si elementos quebradizos invaden los carriles de sentido contrario. La misma señal chocada en el costado de la calzada puede ser de poco riesgo, excepto para los ocupantes del vehículo chocador. Los fragmentos y escombros desde un impacto contra un dispositivo de control de tránsito en una zona en construcción pueden o no imponer un peligro a los trabajadores en la zona, según su ubicación relativa con el dispositivo, y las condiciones del impacto. Así, no es práctico establecer límites absolutos en la trayectoria de un artículo de ensayo, desparramo de escombros, o desplazamiento de barrera. Más bien, importa registrar e informar la trayectoria del artículo y desparramo de escombros, de modo que una agencia usuaria pueda evaluar objetivamente la aptitud del dispositivo-de-seguridad para la aplicación prevista.

Un factor listado en el ítem D se interesa por las deformaciones e intrusiones en el compartimiento del ocupante. Necesariamente, este factos debe evaluarse en gran medida mediante el juicio de la agencia de ensayo, y la agencia de usuario, o ambas. El riesgo de lesiones por una deformación depende de la ubicación, extensión e índice de deformación. En ausencia de una medida de riesgo ampliamente aceptada, asociada con deformaciones e intrusiones, es esencial documentar con fotos y mediciones el daño del compartimiento de ocupante, e informar. Deben tomarse fotos antes del ensayo para permitir comparaciones directas de las condiciones antes y después. Hasta que se desarrolle una metodología aceptable, puede usarse el procedimiento dado en el Apéndice E, para computar y documentar un Índice de Deformación de Compartimiento de Ocupante (OCDI, en inglés). Aunque el OCDI debe usarse solo para informar, permitirá cierto grado de cuantificación del daño del compartimiento de ocupante. Al ganar experiencia, en el futuro podrán establecerse criterios definitivos de aceptación.

Aunque no es un factor específico al evaluar los resultados de ensayos, importa la integridad del tanque de combustible del vehículo de ensayo. Es preferible que el tanque permanezca intacto, sin pinchaduras. Debe informarse el daño o rotura del tanque de combustible, bandeja de aceite, bandeja de piso, u otros dispositivos que pudieran servir como sustitutos de un tanque de combustible.

Para la mayoría de los ensayos, un requerimiento clave para evaluar el riesgo de ocupante es que el vehículo chocador permanezca vertical durante y después del choque, aunque son aceptables moderados alabeos, cabeceos y guiños. Este requerimiento minimiza el componente vertical de la aceleración vehicular; así, normalmente este componente no se evalúa en un ensayo típico de choque. Aunque es preferible que todos los vehículos permanezcan verticales, el requerimiento no es aplicable a ensayos de los vehículos 8000S, 36000V, y 36000T, y todos los ensayos de nivel 1 para terminales y amortiguadores de impacto. Ver Apéndice A, Sección A3.2.2.

Tabla 5.1 Guías de evaluación de seguridad				
Factor Evaluación	Criterios de evaluación			Ensayos Aplicables ^a
Adecuación Estructural	A. artículo de ensayo debe contener y reorientar el vehículo; el vehículo no debe penetrar, antiempotramiento, o anular la instalación aunque deflexión lateral controlada del artículo de ensayo es aceptable.			10, 11, 12, 20, 21, 22, 35, 36, 37, 38
	B. El artículo de ensayo debe activar fácilmente de una manera predecible al romper, fracturar, o desempeño.			60, 61, 70, 71, 80, 81
	C. desempeño artículo Aceptable, ensayo puede ser por la redirección, la penetración controlada, o de parada controlada del vehículo.			30, 31, 32, 33, 34, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51, 52, 53
Riesgo ocupante	D. elementos, fragmentos u otros escombros del artículo de ensayo no debe penetrar o mostrar el potencial para penetrar en el habitáculo, o presentar un riesgo indebido para el resto del tránsito, los peatones, o personal en una zona-de-trabajo Independiente. Deformaciones de, o intrusiones en el habitáculo que podrían causar lesiones graves no deberían permitirse. Ver la discusión en la sección 5.3 y en el Apéndice E.			Todos
	E. Elementos, fragmentos u otros escombros del artículo de ensayo, o daño vehicular no debe obstaculizar la visión del conductor o de lo contrario hacer que el conductor pierda el control del vehículo Independiente.			70, 71
	F. El vehículo debe permanecer en posición vertical durante y después del choque, aunque son aceptables balanceo, cabeceo y oscilación son aceptables.			Todos, excepto los enumerados en el Criterio G.
	G. Es preferible, aunque no esencial, que el vehículo permanezca en posición vertical durante y después del choque.			12, 22, 30 ^o , 31 ^o , 32 ^o , 33 ^o , 34 ^b , 35 ^b , 36 ^b , 37 ^b , 38 ^b , 39 ^b , 40 ^b , 41 ^b , 42 ^b , 43 ^b , 44 ^b
	H. Velocidades de impacto de los ocupantes (ver Apéndice A, Sección A5.3 para el procedimiento de cálculo) debe satisfacer la siguiente:			
	Límites de velocidad de impacto de los ocupantes (m/s)			
	Componente	Preferido	Máximo	
	Longitudinal y lateral	9	12	10, 20, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 40, 41, 42, 43, 50, 51, 52, 53, 80, 81
	Longitudinal	3	5	60, 61, 70, 71
	Límites de aceleración <i>riedown</i> ocupantes (G)			
Longitudinal y lateral	15	20	10, 20, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 40, 41, 42, 43, 50, 51, 52, 53, 60, 61, 70, 71, 80, 81	
J. (Opcional) maniquí Híbrido III. Respuesta debe ajustarse a los criterios de evaluación de la Parte 571.208, Título 49 del Código de Reglamentos Federales, Capítulo V (01/10/88 Edition). Ver Sección 5.3 para conocer las limitaciones de maniquí Híbrido III.			10, 20, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 40, 41, 42, 43, 50, 51, 52, 53, 60, 61, 70, 71, 80, 81	
Trayectoria vehicular	K. Después del choque es preferible que la trayectoria del vehículo no interfiera en los carriles de tránsito adyacentes.			Todos
	L. La velocidad de impacto de los ocupantes en sentido longitudinal no debe superar los 12 m/s, y la aceleración <i>riedown</i> de ocupante en la dirección longitudinal (Ver el Apéndice A, Sección A5.3 para el procedimiento de cálculo) no debe exceder de 20 G.			11, 21, 35, 37, 38, 39
	M. El ángulo de salida del artículo de ensayo debe ser preferiblemente menos de 60% de ángulo de impacto de ensayo, medida en el tiempo de la pérdida de vehículo de contacto con dispositivo de ensayo.			10, 11, 12, 20, 21, 22, 35, 36, 37, 38, 39
	N. La trayectoria del vehículo detrás del artículo de ensayo es aceptable.			30, 31, 32, 33, 34, 39, 42, 43, 44, 60, 61, 70, 71, 80, 81

^a Números de ensayo se refieren a una duración de dos dígitos en la Designación de Ensayo para cada Nivel de Ensayo, a menos que se indique lo contrario,

^b Para nivel de ensayo 1 solamente

El riesgo de ocupante también se evalúa mediante la respuesta de un hipotético ocupante de asiento delantero sin restricción, cuyo movimiento en relación con el compartimiento de ocupante depende de aceleraciones vehiculares. Se supone que el “punto masa” del ocupante se mueve por el espacio hasta que golpea contra un hipotético panel de instrumentos, parabrisas, o estructura lateral, y se asume que experimenta del pulso de la aceleración vehicular remanente al mantenerse en contacto con la superficie interior. Los factores de comportamiento son (1) el componente lateral y longitudinal de la velocidad de ocupante al impactar contra la superficie interior, y (2) el componente lateral y longitudinal más alto de la aceleración resultante promediada en cualquier lapso de 10 milisegundos para pulso de choque, siguiente al impacto de ocupante. El factor de desempeño dos se refiere como una *desaceleración-conjunta*. En el Apéndice A, Sección A5.3 se dan los métodos para calcular los componentes de la velocidad de impacto y de la desaceleración-conjunta. Generalmente, los valores bajos de estos factores indican dispositivos-de-seguridad menos peligrosos. En tanto en los ensayos con vehículos 820C y 700C se requieren conductores sustitutos, y son opcionales en otros ensayos, sus respuestas dinámicas y cinemáticas no se requieren o usan al evaluar el riesgo de ocupante; la velocidad de impacto y las desaceleraciones-conjuntas del hipotético ocupante de compartimiento se calculan desde las aceleraciones vehiculares.

Es necesario evaluar el riesgo de lesión del conductor de un camión sostén de un sistema TMA. Dado que en este caso los tipos de impacto son primariamente unidireccionales y el camión soporte está acelerado hacia adelante, el conductor no se moverá hacia adelante, al menos inicialmente, y está limitado de azotar hacia atrás por el asiento y apoyacabeza, estándares en estos vehículos. El riesgo primario de lesión sería por las desaceleraciones-conjuntas, dado que el vehículo está acelerado hacia adelante. Se recomienda usar los criterios de desaceleración-conjunta como evaluación primaria del riesgo de lesiones al conductor de un camión soporte en un sistema TMA.

Los límites recomendados para velocidad de impacto de ocupante y desaceleración-conjunta se dan en la Tabla 5.1, que da dos valores para cada parámetro: un límite “preferido” y otro “máximo”. Es deseable que los índices de riesgo de ocupante no superen los valores preferidos. Referir el Apéndice A, Sección A5.3 para la racional selección de estos valores. Establecer límites absolutos de riesgo de ocupante es una decisión política por parte de la agencia responsable para aplicar las recomendaciones.

Según la Tabla 5.1, si para suplementar la evaluación de riesgo de ocupante se usa un maniquí, se recomienda usar el Hybrid III, solo válido para *impactos frontales o de-cabeza* durante los cuales el movimiento del maniquí es esencialmente paralelo al eje vehicular longitudinal (eje-x, Figura 4.6). Las especificaciones, calibración e instrumentación del maniquí Hybrid III deben según *Part 572, Subpart E, Title 49 of the Code of Federal Regulations, Chapter V (10-1-88 Edition)*. Los datos de respuesta deben satisfacer la *Part 571.208, Title 49 of the CFR, Chapter V (10-1-88 Edition)*. No hay maniquí capaz de simular precisamente la cinética y cinemática de un ocupante para movimientos oblicuo; es decir, movimientos de ocupante con componentes x e y. Típicamente, el movimiento oblicuo de ocupante ocurre cuando el vehículo es redirigido hacia afuera desde el dispositivo impactado, tal como una barrera longitudinal.

Aunque no se requieren, se alienta a las agencias de ensayos a calcular e informar el *Theoretical Head Impact Velocity (THIV)*, the *Post-Impact Head Deceleration (PHD)*, y el *Acceleration Severity Index (ASI)*, descriptos en el Apéndice F.

El *European Committee for Standardization (CEN)* (77) adoptó los THIV, PHD, y ASI como medidas de riesgos de ocupantes. Se espera que en el futuro los EUA y CEN desarrollen estándares comunes de comportamiento para los dispositivos viales. Mediante cálculo e informes de los THIV, PHD y ASI se desarrollará una base de datos desde las cuales comparar decisiones para el modelo de espacio de azoteo como medidas adecuadas del riesgo de ocupante.

5.4 Trayectoria vehicular posimpacto

El peligro de la trayectoria vehicular es una medida del potencial de la trayectoria posimpacto del vehículo de causar un posterior choque multivehicular, que someta a los ocupantes de otros vehículos a un riesgo indebido, o someter a los ocupantes del vehículo que impacta a choques secundarios con otros objetos fijos. Según la Tabla 5.1, es preferible que la trayectoria del vehículo y la posición final de detención entre una distancia mínima en carriles de tránsito adyacentes u opuestos. Se incluye el criterio "L" para limitar embolsamientos y enganches del vehículo, y las consecuencias posteriores al impacto de embolsamiento o enganches excesivos, como un alto ángulo de salida vehicular o escisión fuera del vehículo. Es preferible que el vehículo esté suavemente redirigido (por dispositivos redirectivos), lo cual típicamente se indica cuando el ángulo de salida es menor que 60% del ángulo de impacto. El desempeño posimpacto aceptable también podrá alcanzarse si el vehículo se desacelera hasta la parada mientras se mantiene el contacto vehículo-barrera, a condición de que se satisfagan los demás criterios pertinentes de la Tabla 5.1. Si la barrera está en un ancho de carril de circulación adyacente, el vehículo lentificado o detenido puede plantear riesgos para los conductores que vienen de frente. Según lo indicado para ciertas clases de dispositivos-de-seguridad, la trayectoria vehicular detrás del artículo de ensayo es aceptable.

5.5 DISPOSICIONES GEOMÉTRICAS

Típicamente, los ensayos de disposiciones geométricas, tales como cuneta, acceso-a-propiedad, terraplén, o cordón (bordillo, solera), involucran movimientos vehiculares en tres dimensiones. Usualmente la duración del ensayo suele ser larga (hasta 5 segundos o más) en comparación con un ensayo de una barrera u otro dispositivo-de-seguridad vial (típicamente 0,30 s o menos). Entonces, puede esperarse el azoteo sobre un ocupante sin restricciones, en el habitáculo de tres dimensiones durante un tiempo prolongado, posiblemente en contacto con una superficie dada, más de una vez. Por estas razones, generalmente el modelo de espacio de azoteo no es aplicable.

Afortunadamente, en la mayoría de los ensayos de disposiciones-geométricas no hay elementos de diseño que pudieran causar repentinos y grandes cambios de velocidad de los vehículos. La principal preocupación es el vuelco del vehículo a medida que atraviesa el dispositivo.

En ausencia de criterios más objetivos, pueden usarse los siguientes procedimientos y criterios de evaluación para una disposición geométrica:

- a) Cumplir la Parte F de la Tabla 5.1.
- b) Calcular las aceleraciones promedio en las direcciones longitudinal y lateral, para cada período de 50 milisegundos consecutiva durante la duración del suceso de choque.
- c) Si el promedio de aceleración longitudinal o lateral de aceleración calculado en el paso b supera los 2 g durante cualquier período de 50 milisegundos, aplicar el modelo de espacio de azoteo al comienzo del período durante el cual se calcula la aceleración media. Evaluar los resultados del modelo de espacio de azoteo según las Partes H e I de la Tabla 5.1.

CAPÍTULO 6

DOCUMENTACIÓN DE ENSAYO

6.1 RECOMENDACIONES GENERALES DE INFORMACIÓN

En las guías presentadas aquí es de primordial importancia preparar un informe completo del ensayo; documentando con suficiente detalle para que, si es necesario, otros pudieran repetirlo y obtener resultados similares. Se fomenta el uso liberal d fotografías para documentar las condiciones antes, durante y después del ensayo. Se debe referir al Capítulo 4 para preensayo calve, ensayo, y parámetros de posensayo.

En la figura 6-1 se da una tabla de contenido recomendado del informe de ensayo. En general, el informe debe incluir como mínimo la siguiente información.

Identificación. El informe del ensayo debe incluir el nombre del personal responsable del ensayo, nombre y dirección de la organización de ensayos, ubicación de instalación de ensayo, y fecha del ensayo.

Vehículo de ensayo. El informe debe contar con una descripción del vehículo de ensayo. Deben incluirse los datos descritos en las secciones 4.2.1 y 4.3.3.

Artículo de ensayo. El artículo de ensayo debe describirse plenamente con planos de ingeniería y especificaciones del material. Los parámetros clave que deben registrarse se dan en la Sección 4.2.2. Para facilitar su uso por otros, es preferible hacer los dibujos de ingeniería con un sistema computadorizado de redacción. Las revisiones del diseño hechas en el curso del programa de ensayos deben estar completamente documentadas. De particular importancia es la delineación de los procedimientos de fabricación e instalación especiales (tales como tratamiento térmico, piezas soldadas, tensión del perno, galvanizado en áreas críticas de estrés, etc.) que puedan influir en el desempeño de impacto.

Suelos de ensayo. Si procede, debe informarse el tipo de suelo usado, por qué se seleccionó, su adhesión a las especificaciones recomendadas, y sus propiedades en el momento del ensayo.

Procedimientos de ensayo. En la Sección 4.3 y Tabla 4.1 se dan los procedimientos de ensayo clave. El informe debe tener una descripción de la zona de ensayo y equipo asociado. Es deseable informar las condiciones climáticas que puedan afectar los resultados de los ensayos, incluyendo las presentes en el momento del ensayo,

I.	INTRODUCCIÓN
A.	Problema
B.	Antecedentes/Investigación Bibliografía
C.	Objetivos/Ámbito de Investigación
II.	DISCUSIÓN TÉCNICA
A.	Parámetros del Ensayo
1.	Ensayo de Instalación
2.	Artículo de Ensayo-Diseño y Construcción
3.	Vehículos de Ensayo
4.	Condiciones del Suelo
B.	Condiciones y Resultados de Ensayo
1.	Descripción Impacto/Desempeño Vehículo
2.	Daños Barrera/Patrones de Basura
3.	Daño Vehículo
4.	Desempeño Maniquí (opcional)
C.	Evaluación de Resultados del Ensayo
1.	Riesgo de ocupantes
2.	Adecuación estructural
3.	Peligro de Trayectoria Vehicular
III.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	ANEXO:
A.	Equipo de Ensayo de Vehículos y Métodos de Guía (Detalles)
B.	Instrumentación Fotos (Diagramas, especificaciones, detalles y análisis)
C.	Instrumentación Electrónica (Diagramas, especificaciones, detalles, y análisis)
D.	Dibujos Detallados de Artículo de ensayo
E.	Resultados de Ensayo de Muestra de Material
F.	Experiencia de Construcción y/o Instalación de Artículo de Ensayo Procedimientos (si inusual)
G.	Referencias

Figura 6.1. Tabla de contenido recomendado del informe de ensayos de choque.

y las precedentes (por ejemplo, duración prolongada de temperaturas bajo cero o duración prolongada de tiempo de lluvias). Deben describirse completamente los sistemas de adquisición de datos, junto con los procedimientos usados en la calibración y procesamiento de los datos.

Hallazgos. Para facilitar la comparación de los resultados de dos o más agencias de ensayos se recomienda un formato de presentación de hallazgos como el descrito en la Tabla 6.1. Se recomienda que el informe tenga una página-resumen con la información dada en la Figura 6.2. Sigue una breve descripción de los ítems de la Figura 6.2:

1. Pueden tomarse fotos secuenciales de fotogramas seleccionados de películas o videos de alta velocidad, o de los fotogramas de una cámara de secuencia. Deben comenzar en el impacto y mostrar la respuesta del artículo vehículo/artículo de ensayo durante la fase de contacto. Para ensayos de barreras longitudinales se prefieren vistas superiores y/o paralelas a la barrera. Para ensayos de terminales o amortiguadores de impacto se prefiere una vista aérea. Para otras funciones, se prefiere una vista perpendicular a la trayectoria de aproximación del vehículo.
2. La vista en planta de la instalación debe mostrar la disposición general, el punto de impacto del vehículo con el artículo de ensayo, y la trayectoria posimpacto del vehículo y artículo de ensayo.
3. Una vista en alzado del artículo de ensayo debe mostrar dimensiones básicas, alturas, y en su caso la profundidad de empotramiento del artículo de ensayo.
4. Se deben dar aquí el nombre de la agencia, número y fecha de ensayo.
5. En la medida posible y según lo permita el espacio, el artículo de ensayo debe describirse aquí. *Tipo* básico del artículo ensayado (por ejemplo, barrera longitudinal/baranda de puente). *Longitud de instalación para* un ensayo de barrera longitudinal; esto es la longitud de la sección de barrera estándar, sin los terminales extremos. Para un ensayo de terminal (longitud del terminal + barrera longitudinal adyacente) las longitudes de cada componente debieran separarse. Para un ensayo de amortiguador de impactos, esta es la longitud de la estructura de amortiguador y de la estructura de respaldo, de ser necesario; las longitudes de cada uno deben darse por separado. Para un TMA, es la longitud del amortiguador y el camión de apoyo; las longitudes de cada uno deben darse por separado. Esto no es aplicable para los ensayos de las estructuras de apoyo, dispositivos-de-control-de-tránsito de la zona-de-trabajo, y postes quebradizos de servicios públicos. *Tamaño, dimensiones y material de elementos clave* Se deben dar los tamaños, dimensiones y material de elementos clave del artículo de ensayo, tales como barandas, postes, estructuras soporte, dispositivos-de-control-de-tránsito, y postes de servicios públicos.
6. Si corresponde deben darse referencias sobre el tipo de suelo usado (por ejemplo, "suelo estándar de la Sección 2.2.1.1"), e indicar si las condiciones del suelo difieren de las recomendadas.
7. Parámetros del vehículo de ensayo de interés son: *Indicación-Tipo* Indicar si se usó un vehículo de modelo de producción o un vehículo de ensayo sustituto (carretón o péndulo). *Indicar-Designación* Indicar cuál de los seis vehículos de ensayo se usó (es decir, 700C, 820C, 2000P, 8000S, 36000V, o 36000T). *Indicar-Modelo* Indicar el año de fabricación y modelo si se usó un vehículo modelo de producción, y el año de modelo simulado por el sustituto. *Masa-Ver* la Sección 2.4.2.1 para definir estos parámetros.
8. Los términos son fáciles de entender.
9. Las condiciones de salida se deben medir en el tiempo que el vehículo pierde contacto con el artículo de ensayo. Ver Sección 4.3.1 para más discusión sobre las condiciones de salida.
10. Los valores de riesgo de los ocupantes se calculan como se describe en la Sección A5.3 del Apéndice A, y en el Apéndice F.
11. Deflexión dinámica de un artículo de ensayo es la deflexión máxima que se produce durante el impacto. La deformación permanente es la deformación residual restante tras el impacto. Estas medidas se aplican normalmente a las barreras longitudinales, terminales, amortiguadores de impacto y TMA.
12. Ver la Sección 4.4 para discutir VDS y CDC. Ver la Sección 4.4 y el Apéndice E para discutir OCDI.
13. Indique los ángulos máximos de balanceo, cabeceo y guineo del vehículo durante el ensayo.

Como parte de la documentación se puede preparar una película de 16 mm o una de video compuesto del ensayo, para incluir un bloque de título de identificación del ensayo, condiciones de ensayo, fecha y agencia

patrocinadora, antes y después de la cobertura documental del artículo de ensayo y del vehículo, y vistas de alta velocidad del impacto (tanto del perfil y generales).

Tabla 6.1 Formato recomendado para presentar informes de los resultados

Fotografía Quieta Cine Alta-velocidad	Antes y después del ensayo de vehículo y ensayo de artículo Fotogramas secuenciales seleccionados (8 como mínimo) durante el impacto	Fotografías Fotografías
Aceleraciones Vehículo Maniquí ^a	x, y, z componentes; filtrada (Ver la Sección 4.3.2) x, y, z componentes de la cabeza y el pecho (Sección 4.3.2)	Ploteos ^b Ploteos ^b
Desplazamientos angulares	Desplazamientos vehiculares en Alabeo, cabeceo, y guiño	Ploteos ^o
Fuerza ^a Cinturón de Seguridad Fémur Maniquí	Asiento célula de carga Fémur celda de carga	Ploteos ^b Ploteos ^b
Deformación Artículo de Ensayo Permanent Dinámica	Perfil de deformación Máxima deformación	Ploteo ^b /Tabla Texto
Daño Artículo de Ensayo Vehículo	Daños en elementos clave Daño a exterior e interior	Fotos y Fotos Narrativa Fotos y Fotos Narrativa Escala VDS Escala CDC Escala OCDI

^a Opcional.

^b Los trazados deben escalarse para maximizar la resolución de los parámetros.

Es importante que el informe del ensayo contenga un número amplio de fotografías de las condiciones preensayo, ensayos, y posensayo. Además, dado no es factible incluir fotografías reales en el informe del ensayo, las técnicas de reproducción usadas para copiarlos deben producir copias de alta calidad.

Evaluación. El desempeño al impacto del artículo de ensayo debe discutirse con respecto a los tres factores de evaluación: adecuación estructural, riesgo de los ocupantes, y trayectoria vehicular posimpacto. Se recomienda preparar una página-resumen para tratar cada uno de los criterios de evaluación correspondientes de la Tabla 5.1. Se recomienda que la página-resumen sea como se muestra en la Tabla 6.2. Las entradas de ejemplo mostrados en la Tabla 6.2 son sólo para fines ilustrativos y no son todo incluido.

Debe presentarse una conclusión en cuanto a la aceptabilidad de la resistencia al impacto del artículo de ensayo. Las recomendaciones deben darse como modificaciones que puedan mejorar la resistencia al impacto y la rentabilidad del artículo de ensayo. Las recomendaciones deben categorizarse como deseables o esenciales. Se deben dar las limitaciones conocidas o previsibles del artículo de ensayo, como la sensibilidad a las condiciones de

cimentación o riesgos que existirían si el artículo de ensayo se orienta de forma inadecuada. También pueden identificarse las aplicaciones recomendadas.

0.000 s 0.125 0.249 s 0.499 s

3.05 m (TYP.) 70.2 m

0.18 m 0.05 m 0.15 m 0.51 m 0.25 m 0.30 m 0.08 m 0.61 m

4. General Information
 Test Agency
 Test No.
 Date
 5. Test Article
 Type
 Installation Length (m)
 Size and/or dimension and material
 of key elements
 6. Soil Type and Condition
 7. Test Vehicle
 Type
 Designation
 Model
 Mass (kg) Curb
 Test Inertial
 Dummy(s)
 Gross Static
 8. Impact Conditions
 Speed (km/h)
 Angle (deg)
 9. Exit Conditions
 Speed (km/h)
 Angle (deg)
 10. Occupant Risk Values
 Impact Velocity (m/s)
 x-direction
 y-direction
 THIV (optional)
 Ridedown Acceleration (g's)
 x-direction
 y-direction
 PHD (optional)
 ASI (optional)
 11. Test Article Deflections (m)
 Dynamic
 Permanent
 12. Vehicle Damage
 Exterior
 VDS
 CDC
 Interior
 OCDI
 13. Post-Impact Vehicular Behavior
 Maximum Roll Angle (deg)
 Maximum Pitch Angle (deg)
 Maximum Yaw Angle (deg)

Figura 6.2. Hoja resumen recomendada, de resultados de ensayos de choque.

0.000 s 0.125 0.249 s 0.499 s

3.05 m (TYP.) 70.2 m

0.18 m 0.05 m 0.15 m 0.51 m 0.25 m 0.30 m 0.08 m 0.61 m

General Information
 Test Agency Texas Transportation Institute
 Test No. 7110-1
 Date 03/22/90
 Test Article
 Type Longitudinal Barrier/
Temporary Barrier
 Installation Length (m) 70.2
 Size and/or dimension and material
 of key elements 3.05 m Precast Concrete
Sections
 Soil Type and Condition N/A
 Test Vehicle
 Type Production Model
 Designation 820 C
 Model 1981 Honda Civic
 Mass (kg) Curb 830
 Test Inertial 817
 Dummy(s) 77
 Gross Static 894
 Impact Conditions
 Speed (km/h) 71.8
 Angle (deg) 28.0
 Exit Conditions
 Speed (km/h) 36.2
 Angle (deg) 12.5
 Occupant Risk Values
 Impact Velocity (m/s)
 x-direction 6.2
 y-direction 4.9
 THIV (optional) 7.3
 Ridedown Acceleration (g's)
 x-direction -3.7
 y-direction -8.2
 PHD (optional) 8.4
 ASI (optional) 0.8
 Test Article Deflections (m)
 Dynamic 0.43
 Permanent 0.43
 Vehicle Damage
 Exterior
 VDS 02FR4
 CDC 02FREW3
 Interior
 OCDI RS0000011
 Post-Impact Vehicular Behavior
 Maximum Roll Angle (deg) 19
 Maximum Pitch Angle (deg) 11
 Maximum Yaw Angle (deg) 35

Figura 6.3. Hoja resumen recomendada, de resultados de ensayos de choque.

Test No. 7110-1
 Date 03/20/90
 Test Agency Texas Transportation Institute

Evaluation Criteria				Test Results	Assessment
Structural Adequacy					
A.	Test article shall contain and redirect the vehicle; the vehicle shall not penetrate, underide, or override the installation although controlled lateral deflection of the test article is acceptable.			Vehicle contained and smoothly redirected.	Pass
Occupant Risk					
H.	Occupant impact velocities (see Appendix A5.3 for calculation procedure) shall satisfy the following:			Longitudinal Impact Vel. = 7 m/s Lateral Impact Vel. = 10 m/s	Pass Marginal
Occupant Impact Velocity (m/s)					
Component		Preferred	Maximum		
Longitudinal and Lateral		9	12		
Vehicle Trajectory					
M.	The exit angle from the test article preferably should be less than 60 percent of test impact angle, measured at time of vehicle loss of contact with test device.			Exit angle less than 60% of impact angle.	Pass

Figura 6.4. Ejemplo recomendado para una hoja de resumen de evaluación.

6.2 DATOS ELECTRÓNICOS

Requisitos para documentar y registrar los datos de ensayos electrónicos en un cartucho magnético se desarrollaron para su uso en proyectos patrocinados por la Administración Federal viales (22). Datos de los ensayos básicos, como el número de ensayos, número de contrato, y la fecha, y los datos electrónicos digitalizados de transductores a bordo se registran en un formato especificado. Un paquete de software está disponible de FHWA para la entrada de los datos en el cartucho. Estos requisitos tienen por objeto facilitar y estandarizar la documentación de los datos almacenados en la Biblioteca de Seguridad en Camino (RSL) de la FHWA, con sede en el Centro de Investigación viales Turner-Fairbank en McLean, Virginia. Se recomienda que se sigan estos requisitos, cuando sea posible, y que los datos, junto con la película o la documentación de video, se presentarán a la FHWA para la entrada en la RSL. Está previsto que el RSL servirá como repositorio de datos de seguridad en camino, que se puede acceder fácilmente por la comunidad de seguridad en los caminos. La dirección es la siguiente:

Administración Federal de Carreteras (FHWA)
 Biblioteca de Seguridad en Camino (HSR-20)
 Centro de Investigación Turner Fairbank
 6300 Georgetown Pike
 McLean, VA 22101-2296

CAPÍTULO 7

APLICACIÓN Y EVALUACIÓN EN-SERVICIO

7.1 PROPÓSITO

Tal como se comentó en el Capítulo 1, la evaluación en-servicio es el paso final y clave al desarrollar un nuevo o dispositivo-de-seguridad ampliamente modificado. El propósito de evaluar en-servicio es determinar y documentar la forma en que el dispositivo de seguridad se comporta durante un amplio rango de choques, condiciones ambientales, y situaciones de mantenimiento para condiciones de sitio y de tránsito típicas. La etapa de evaluación en-servicio es necesaria ya que los experimentos analíticos y ensayos de choque descritos sólo evalúan parcialmente la eficacia de un dispositivo, y es necesario un conocimiento más exhaustivo y en profundidad del dispositivo-de-seguridad.

El diagrama de flujo de Figura 1.1 del Capítulo 1 representa los pasos que generalmente se deben seguir al desarrollar un dispositivo-de-seguridad. El Capítulo 7 cubre básicamente las guías para el paso 9. Sin embargo, los pasos 7 y 8 deben realizarse antes del inicio de la evaluación en-servicio. El Paso 10 es una decisión política tomada por la agencia apropiada (Sección 7.4).

Las secciones siguientes describen los objetivos y procedimientos sugeridos para evaluar en-servicio. Se entiende bien que el carácter aleatorio y extremadamente complejo de los choques de tránsito, junto con las limitaciones de recursos de las agencias de transporte restringen considerablemente la medida en que se puedan cumplir estas metas y la realización de estos procedimientos. Con pocas excepciones, estos estudios serán clínicos en naturaleza; no será factible recopilar datos suficientes para desarrollar resultados estadísticamente válidos. Por estas razones, los lugares deben ser seleccionados para obtener la mayor información en períodos de tiempo y recursos limitados.

7.2 OBJETIVOS

La evaluación en-servicio comprende instalar un número de dispositivos-de-seguridad candidatos en lugares cuidadosamente seleccionados, y luego monitorear el desempeño de los dispositivos bajo las condiciones del "mundo real " durante un tiempo. El lugar, tipo y frecuencia de la información a recoger y la duración del período de observación se deben seleccionar y planear con criterio para satisfacer seis objetivos:

1. Demostrar que los objetivos del diseño se alcanzan en el campo, e identificar las modificaciones que pudieran mejorar el desempeño.
2. Adquirir un amplio rango de información sobre el desempeño de choque en los dispositivos instalados en situaciones típicas y especiales. Es deseable que la información incluya datos de exposición, de las lesiones de los ocupantes, y condiciones de impacto de vehículos a partir de las cuales definir los valores del índice de gravedad. Además de "los choques informados," deberían monitorearse los más numerosos choques de roce y situaciones cuando el conductor simplemente se retira voluntariamente del lugar, para establecer la relación falla /éxito, y los costos de reparación de daños por choques.
3. Identificar los factores que puedan comprometer o dificultar el desempeño de un dispositivo. Los ejemplos de tales factores incluyen la vulnerabilidad del dispositivo al hurto o vandalismo, la corrosión acelerada o la degradación de los materiales debida a las sales de deshielo y otros contaminantes, y así sucesivamente.
4. Examinar la influencia del clima/ambiente en el desempeño al choque. En su caso, determinar los efectos de los extremos de calor y frío, hielo, nieve, lluvia, viento y polvo en el desempeño al choque, y el mantenimiento del dispositivo-de-seguridad.
5. Examinar las influencias que el dispositivo pueda presentar en otras condiciones del camino que, a su vez, puedan afectar negativamente las operaciones del camino y el tránsito. Tales factores por

monitorear son la congestión del tránsito, el cambio en los índices o patrones de choques, interrupción del drenaje superficial, o la causa de formación de nieve o suciedad.

6. Adquirir información sobre el mantenimiento de rutina. Como parte de este esfuerzo, el diseño y trazado del dispositivo se deben examinar por posibles modificaciones que puedan bajar los costos de instalación, mantenimiento y de reparación de daños. Se deben informar los problemas encontrados durante el mantenimiento de rutina y reparación de daños. La frecuencia y demanda de reparación (después de impactos nominales y graves) son factores críticos. Los sistemas que puedan sostener numerosos o graves impactos sin dejar de ser útiles dan protección sustancialmente mejor a los automovilistas, que los prestados fuera de servicio por virtualmente todos los impactos. Esto es especialmente crítico en caminos de alto volumen, donde las actividades de mantenimiento causan congestión y aumento del riesgo de choques, y en los lugares problemáticos o de alta siniestralidad. A menudo, la información de este tipo se convierte en la principal consideración al seleccionar un sistema de barrera para tales lugares.

Estos objetivos son generales y todos pueden o no ser aplicables a un dispositivo-de-seguridad candidato. Su delineación aquí es para ilustrar el alcance y posible tipo de información que debe obtenerse.

7.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE ENSAYO

Para adquirir suficiente información de campo sobre los dispositivos-de-seguridad experimentales que demuestren adecuadamente su desempeño en-servicio, las instalaciones de prueba pueden tener las siguientes características:

1. El período de prueba se debe extender por un mínimo de 2 años, durante el cual se expondrá al hardware a dos ciclos clima/ambientales. En las primeras etapas de la prueba, el tránsito local debe familiarizarse con aspectos únicos de diseños novedosos; a partir de entonces, el patrón de tránsito afectado puede volver a un estado más normal.
2. Se debe determinar una suficiente longitud de instalación de una barrera longitudinal, o números suficientes de elementos para un dispositivo tal como un tratamiento final o un amortiguador de impactos, con lugares cuidadosamente seleccionados, para dar una serie de impactos durante el período de ensayo. Se deben examinar los lugares potenciales para el nuevo dispositivo, y los que tienen una alta probabilidad de choque(s) se deben considerar para las instalaciones de ensayo. En general, la probabilidad de choque aumenta con el volumen de tránsito, la proximidad del dispositivo al carril de circulación, y disposiciones geométricas adversas, tales como la curvatura horizontal y pendiente. Deben seleccionarse lugares para exponer el dispositivo al espectro de condiciones de impacto para las que se pretendía. Por supuesto, los requisitos de servicio del lugar no deben exceder las expectativas de servicio del dispositivo. Todos los choques son importantes, declarados y no.
3. Cada instalación debe examinarse a intervalos frecuentes durante el período de prueba. El propósito de estas visitas de campo es detectar y registrar impactos menores que de otra manera no se informan. Hay que observar el estado de aptitud del dispositivo. Se debe alertar a los organismos responsables del mantenimiento vial, operaciones de tránsito, y de control de las instalaciones de prueba, y solicitarles que informen los cambios en los patrones de choques de tránsito.
4. Un nuevo dispositivo-de-seguridad se puede evaluar de forma "antes/después": (a) Mediante la recopilación de los datos de choques por un período antes y después de instalar el dispositivo, o (b) mediante la recopilación de los datos de choques por un período después de la instalación del dispositivo, y con la obtención de datos de choques en un lugar controlado (sin el nuevo dispositivo) durante el mismo período.
5. Se debe establecer una técnica de informes de choques que se active en todos los choques, incluso en accesos-a-propiedad. Esto puede implicar técnicas tales como presentación de informes y luego pintar sobre o borrar rasguños o marcas de patinaje.
6. Inmediatamente después de la construcción, las fuerzas de mantenimiento deben evaluar sobre el terreno el cumplimiento de las especificaciones de instalación, y mantener registros de costos y

trabajos en secciones de ensayo y control. El personal de mantenimiento podría usarse para obtener información sobre despistes y rasguño.

7. Al terminar el período de prueba debe prepararse un informe de evaluación en-servicio con conclusiones y recomendaciones; el informe debe incluir una descripción de las condiciones del lugar, tales como geometría vial, ubicación del dispositivo, velocidad de operación vehicular, composición del tránsito, alguna medida de la exposición, y comentarios sobre el desempeño observado en campo.

7.4 DISCUSIÓN

En 1981, en el NCHRP Informe 230, se dieron guías para evaluar el desempeño en-servicio de dispositivos-de-seguridad viales. Entonces se reconoció que las guías eran de naturaleza general y podrían requerir la modificación y ampliación, en función del tipo de medida de seguridad y de las condiciones locales. Desde 1981, Salomón y Boyd desarrollaron un procedimiento modelo para evaluar el hardware de seguridad vial con más instrucciones detalladas para evaluar el desempeño en-servicio. Leonin y Powers informaron sobre la evaluación permanente de los ocho elementos de seguridad en 14 estados.

En el pasado, la FHWA fue un árbitro clave en establecer la aceptación y estado operacional de los nuevos dispositivos-de-seguridad, especialmente las usadas en los caminos con ayuda federal. La política actual de la FHWA establece aceptabilidad de un nuevo dispositivo de seguridad para su uso en proyectos de ayuda federal sobre la base de detalles de diseño, especificaciones y resultados de ensayos de choque. Ahora, la decisión de si los dispositivos aceptados por la FHWA deben desplegarse como "experimentales" u "operacionales" debe ser hecha por los estados.

Se recomienda que el desarrollador y la agencia usuaria del dispositivo-de-seguridad desarrollen un plan detallado para evaluar el desempeño en-servicio, para su revisión y aprobación por las autoridades competentes, antes de iniciar la evaluación. Según la importancia del dispositivo, la extensión de la potencial aplicación sobre una base regional o nacional, y prioridades de financiación, la evaluación puede realizarse bajo un extenso contrato federal. Otro posible plan de evaluación es un esfuerzo de cooperativo de dos o más agencias viales estatales. Para los dispositivos-de-propiedad desarrollados sin fondos públicos, puede ser apropiado para que el dueño patrocinar o contribuir a la evaluación en-servicio.

Se reconoce que ciertos detalles de diseño pueden identificarse durante la evaluación en-servicio que, de ser modificado adecuadamente, podría mejorar algún aspecto del desempeño del dispositivo. Tales modificaciones no se deben hacer antes de que su efecto sobre el desempeño del dispositivo de seguridad se verifique cuidadosamente mediante ensayos de choque de vehículos u otros medios apropiados (Punto 10 de Figura 1.1). Las investigaciones anteriores demostraron que las variaciones aparentemente menores en detalles de diseño pueden afectar negativamente al desempeño de seguridad de un dispositivo.

Aun después de que un dispositivo nuevo o ampliamente modificado haya superado con éxito la evaluación en-servicio y ser aceptado para su uso general, el desempeño operacional del dispositivo debe continuar siendo monitoreado en menor grado, para permitir la corrección o control de cualquier defecto o debilidad, tan pronto como fuere posible (Punto 12 de la Figura 1.1). Estas deficiencias pueden deberse a condiciones que no se previeron, tales como cambios en el diseño del vehículo o diferentes condiciones del lugar de instalación.