

Capítulo 3

Instalaciones de Ensayos

3.1 GENERALIDADES

Los dispositivos de seguridad en las rutas están evaluados para un nivel de ensayo particular mediante una serie de ensayos de choque vehiculares bajo condiciones de impacto ideales. Muchos parámetros de prueba importantes se estandarizaron para llegar a una estratificación práctica de las pruebas (matrices de ensayo) y para incrementar el grado de replicación del ensayo. Se debe tener mucho cuidado en la interpretación de los resultados de los ensayos y en la proyección de los resultados para el desempeño en servicio. El buen desempeño bajo condiciones ideales de ensayo no asegura unas condiciones de desempeño en servicio comparables. Como se discutió en el Capítulo 1, el proceso de evaluación no debería detenerse después de completar las pruebas descriptas aquí de manera exitosa. Los ensayos de choque y la evaluación en servicio son críticas al momento de evaluar el desempeño de un dispositivo de seguridad y la evaluación en servicio debe realizarse como se recomienda en el Capítulo 7.

3.2 SITIO DE ENSAYO

Una superficie llana, preferiblemente pavimentada, se debe usar cuando se acelera el vehículo de ensayo a la velocidad deseada y provee una trayectoria sin restricciones del vehículo después del impacto. La superficie debería estar libre de cordones, zanjonés, cunetas u otras anomalías que pueden influenciar el comportamiento durante el impacto y post impacto del vehículo, excepto cuando las condiciones de ensayo requieren dichas condiciones. Cuando sea necesario, una superficie de tierra o césped llana y compacta debe limitar con el área pavimentada para replicar las condiciones para los dispositivos de seguridad rodeados normalmente por una superficie no pavimentada, para que el comportamiento vehicular post impacto sea evaluado adecuadamente. La documentación del examen debe incluir el tipo de pavimento o superficie que se usa en la aproximación del artículo de ensayo, la que rodea al artículo de ensayo y la de la trayectoria del vehículo post impacto.

Quizá no siempre sea posible tener una superficie totalmente llana y lisa para que el vehículo de ensayo acelere hasta la velocidad deseada, y el vehículo podría rebotar por el camino. Sin embargo, es crítico que el vehículo permanezca estable durante el impacto. Una suspensión comprimida al momento del impacto puede hacer que el vehículo caiga de punta, resultando en una colisión por debajo del dispositivo de ensayo. Una suspensión extendida al momento del impacto puede acentuar el movimiento en ascenso del vehículo y resultar en un salto y sobrepaso del dispositivo de ensayo. En cualquiera de los dos casos, el desempeño ante el impacto del dispositivo de ensayo va a ser afectado. Por lo tanto, es muy importante que el vehículo de ensayo no rebote de manera excesiva previo al momento del impacto y que la altura del paragolpes durante el impacto esté entre las 2 pulgadas (50 mm) verticalmente a su altura nominal, es decir, mientras el vehículo se encuentra en descanso.

3.3 SUELO

El desempeño ante el impacto de algunos dispositivos montados en el suelo depende de la interacción dinámica de la estructura del suelo. Las barreras longitudinales con postes enterrados en el suelo y las estructuras de soporte enterradas en el suelo para las señales y luminarias forman parte de dichos sistemas. Cuando sea factible, estos dispositivos deben ser probados con condiciones de suelo que repliquen condiciones en servicio típicas. Las condiciones de suelo varían con el tiempo, ubicación y factores ambientales, incluso dentro de áreas geográficas relativamente chicas. Por lo tanto, a excepción de las condiciones de ensayo especiales, es necesario estandarizar las condiciones del suelo para las pruebas. En la ausencia de un suelo específico, se recomienda que todos los dispositivos cuyo desempeño ante el impacto es sensible a la interacción de las estructuras con el suelo sean probados en un suelo que cumpla con las especificaciones de desempeño, como se describe en la Sección 3.3.1. Sin embargo, los diseñadores de productos y las agencias viales deben evaluar la sensibilidad potencial de un dispositivo con las condiciones de fundación. Si el mismo se instala en un suelo en el cual se espera que degrade su desempeño, puede ser apropiado probarlo en uno o más de los suelos especiales descritos en la Sección 3.3.3.

3.3.1 SUELO ESTÁNDAR

Se recomienda que el suelo estándar cumpla con las especificaciones estándares de AASHTO para “Materiales para los Agregados, Sub-bases granulares, Base y Superficie de Rodamiento” (“Materials for Aggregate and Soil Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses,”), designación M 147, grado A o B (Ver Apéndice B, Sección B1). Debe ser compacto en acuerdo con las Secciones 304.05 del “Manual de Construcción de Rutas” de AASHTO (2) (Ver Apéndice B, Sección B3). El suelo debe ser re-compactado, cuanto sea necesario, antes de cada ensayo, para cumplir con los requerimientos del Manual de Construcción (2). El suelo debe estar bien drenado al momento de la prueba de choque. La prueba no debe llevarse a cabo si el terreno está congelado o si el suelo está saturado a menos que la prueba esté específicamente diseñada para evaluar estas condiciones.

3.3.2 RESISTENCIA DEL SUELO

La resistencia del suelo es crítica para el desempeño de muchos dispositivos montados en el suelo e históricamente ha sido uno de las más grandes fuentes de variaciones dentro y entre las agencias viales. La experiencia ha indicado que, aunque las agencias usen las especificaciones recomendadas de suelo, hay una variación significativa en la fuerza del suelo estándar entre las agencias de ensayos. Además del suelo mismo, hay muchos factores influyentes que afectan el desempeño de un dispositivo, como la longitud, el ancho y la profundidad del material de relleno; el grado de compactación y consolidación, y el contenido de humedad. Incrementar el nivel de detalle asociado con las especificaciones del tipo de suelo y los factores influyentes resultaría engorroso y es poco probable que reduzca la variabilidad de la resistencia del suelo. Por lo tanto, se recomienda utilizar una especificación basada en el desempeño para mejorar la uniformidad y la consistencia de la reacción del suelo dentro y entre las agencias de ensayo.

La base para determinar las características de desempeño recomendadas de los cimientos del suelo fue desarrollada a partir de las especificaciones del material existente utilizadas en el Reporte NCHRP 350 (129). En una ronda de ensayos entre laboratorios de ensayos, se evaluó el desempeño dinámico del suelo estándar

actual. Esta prueba estándar dinámica, como se detalla en el Apéndice B, Sección B5, muestra que las especificaciones del material existente están representadas con exactitud por una mínima carga dinámica (aplicada con un vehículo péndulo o bogie) de 7500 lbs. (3,400 kg) desviada entre 5 pulgadas (125 mm) y 20 pulgadas (500 mm) de una instalación de postes de acero estándares. Cada laboratorio de ensayo es libre de definir los procedimientos de instalación y de suelo, siempre y cuando el criterio de desempeño dinámico se cumpla. Por ejemplo, el típico guardarriel de postes de acero enterrado en un suelo cohesivo rígido podría exhibir el desempeño dinámico requerido y, por lo tanto, sería considerado como un proceso de instalación aceptable.

Es importante tener en cuenta que los parámetros asociados con los suelos y los procedimientos de instalación deben ser constantemente aplicados para todos los dispositivos instalados a fin de asegurar un desempeño similar de las fundaciones. Estos parámetros incluyen, pero no se limitan, al suelo nativo, suelo de relleno, compactación, contenido de humedad y configuración de instalación. Ya que las propiedades de los suelos originales pueden variar en un laboratorio de ensayo determinada, el procedimiento de instalación requerido para cumplir con el mínimo desempeño dinámico también puede variar. En la Figura 3-1 se aprecia una hoja de sumario recomendada para la inclusión en cada reporte de ensayo que involucra las instalaciones montadas en suelo.

Una vez que un laboratorio de ensayo ha desarrollado un procedimiento de instalación que provee la capacidad dinámica suficiente, es importante asegurarse que la instalación no sea afectada por las condiciones más allá del control del laboratorio de ensayo. Ej. Una lluvia significativa podría afectar el desempeño del dispositivo instalado. Hasta la fecha, estas influencias ambientales han sido difíciles, si es que no imposibles, de cuantificar. Además, el costo de llevar a cabo pruebas dinámicas para cuantificar el desempeño del suelo para cada instalación de ensayo de choque es relativamente alto. Por lo tanto, se recomienda un procedimiento de ensayo estático como sustituto. Después del desempeño dinámico de un suelo determinado y de que el procedimiento es determinado como aceptable y certificado, se llevará a cabo un ensayo estático utilizando el mismo poste de acero de la instalación. La carga estática medida desde esta prueba formará la base para la evaluación de futuras instalaciones de prueba. En el Apéndice B, Sección B6 se presentan descripciones más detalladas de este proceso de calibración.

El ensayo estático recomendado es el siguiente: Durante la instalación de cada dispositivo de ensayo, serán colocados dos postes de acero adicionales, en una ubicación conveniente cerca del sistema de instalación donde serán sometidos a las mismas condiciones ambientales que el sistema instalado. La ubicación de estos postes, así como también todo el equipamiento del sistema, debe reflejar con exactitud el método de instalación estándar certificado por el laboratorio de ensayos.

En el día de la prueba de choque, un ensayo de estática se desarrolla en uno de los dos postes para determinar si los factores exteriores afectaron la fuerza del suelo. La instalación se determina como aceptable si la resistencia estática del suelo en 5, 10 y 15 pulgadas (125, 250 y 375 mm) de desviación, como se define en el Apéndice B, Sección B6, es al menos 90 por ciento del valor determinado durante el ensayo de certificación. Si la fuerza de suelo medida es menor que los límites requeridos, la prueba de choque tendrá que posponerse hasta que las condiciones de suelo sean tales que la fuerza de suelo es aceptable. El segundo poste de prueba está previsto para esta situación, en la cual el ensayo debe ser pospuesta y la fuerza de suelo debe ser medida nuevamente. Es importante que cada agencia de ensayo establezca la relación entre la fuerza del suelo y varios factores de influencia para el suelo estándar local para saber cuándo la fuerza del suelo está dentro de las especificaciones.

El reporte recomendado de esta prueba de estática, así también como la descripción in situ y de relleno basado en el ASTM D2487, se muestra en la Figura 3-2. Además de reportar la fuerza de suelo aceptable, como lo indica la prueba estática, deben ser documentados descripciones detalladas del ensayo de instalación, incluyendo la clasificación de los materiales originales y de relleno, y los procedimientos de instalación. Cualquier desvío o cambio a los procedimientos utilizados en el ensayo de certificación dinámica debe ser reportado. Se recomienda que cada reporte de ensayo de una prueba de choque a escala real incluya la documentación mostrada en la Figuras 3-1 y 3-2.

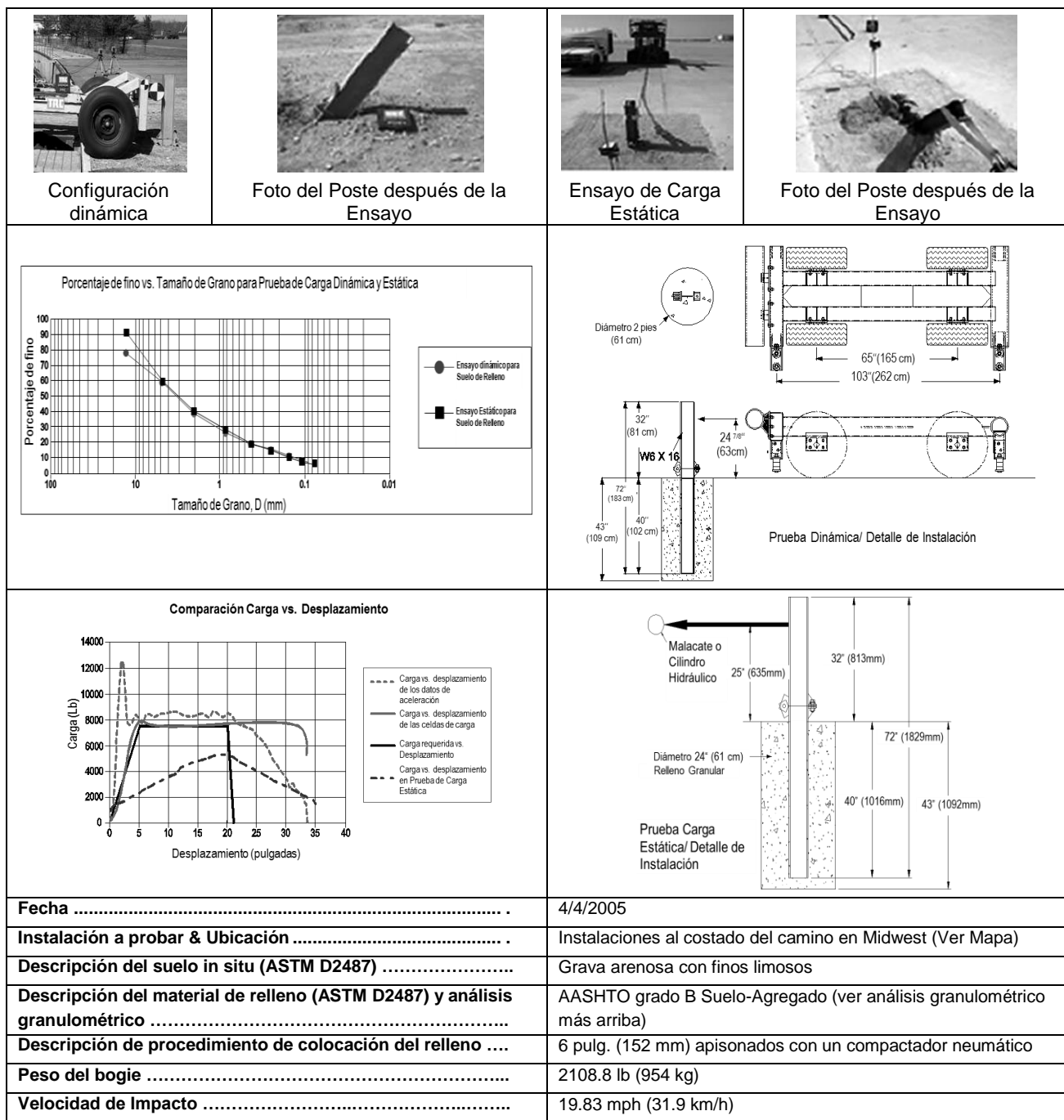


Figura 3-1. Hoja de Resumen recomendada para Suelos Resistentes

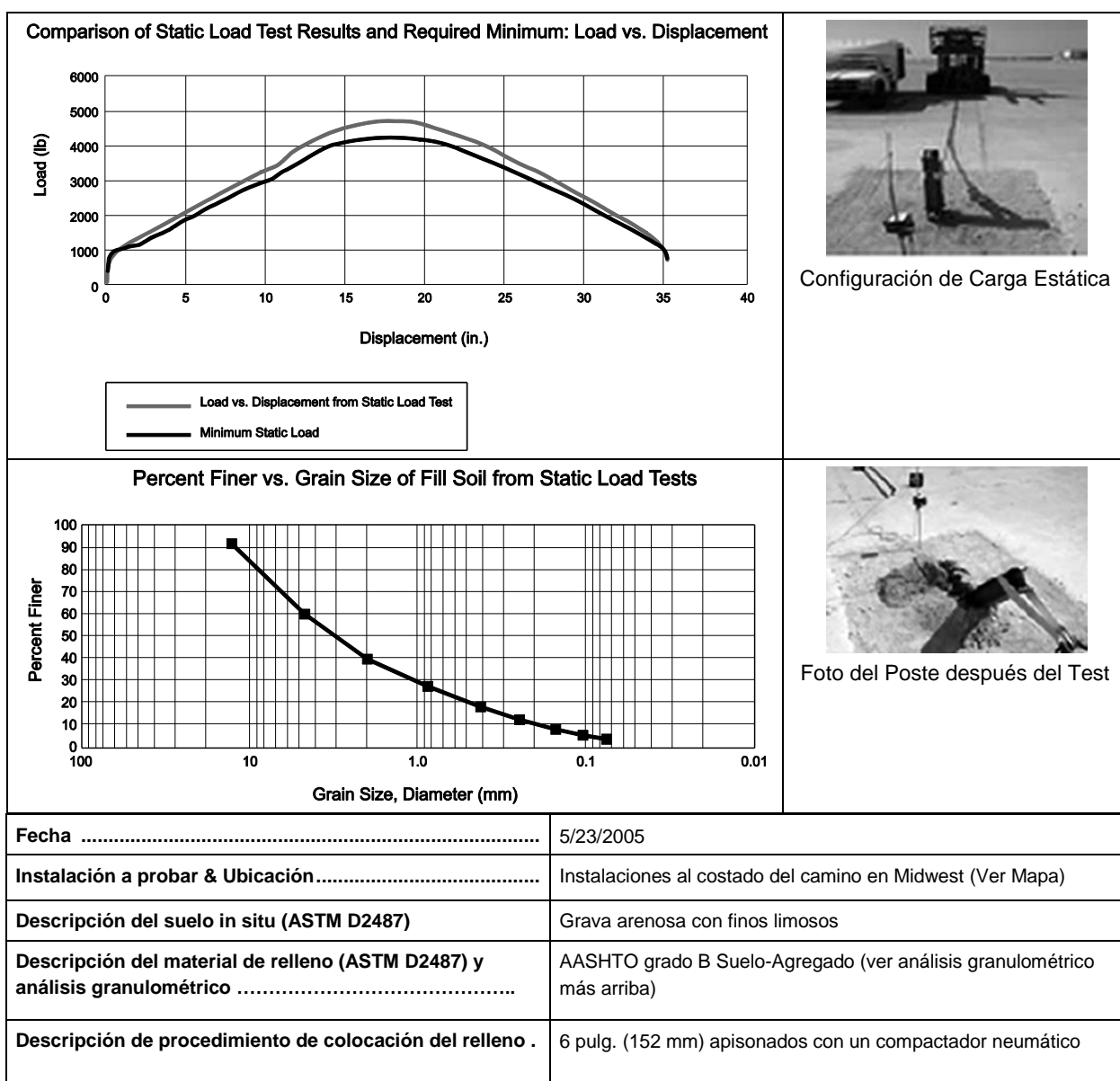


Figura 3-2. Ejemplo de Documentación del Día del Ensayo sobre la Resistencia Estática del Suelo

Téngase en cuenta que la fuerza de suelo especificada está prevista como un valor mínimo y que son aceptables valores más altos. Sin embargo, se debe hacer hincapié que la agencia de ensayos utilice el mismo procedimiento de instalación utilizado en el ensayo de certificación estándar para todas las instalaciones de prueba. Es inaceptable tener diferentes procedimientos de instalación para los diferentes programas de evaluación de los dispositivos de seguridad. En situaciones donde el suelo original varía significativamente en cada prueba determinada, los métodos de instalación establecidos para cada uno de ellos deben tener un desempeño dinámico similar. Se debe considerar que la resistencia del suelo medida está asociada con una combinación específica de

suelo in situ, suelo estándar, condición de compactación, profundidad y extensión lateral del material de relleno. Una variación en cualquiera de estos factores se espera que cambie la resistencia del suelo y, por lo tanto, necesite de un trabajo adicional de calibración.

Si hay algún cambio significativo a los suelos originales o de relleno, como las excavaciones mayores en un área o un nuevo proveedor o fuente de material, se debe llevar a cabo un nuevo ensayo de certificación dinámica. Incluso sin cambios significativos, se recomienda que el ensayo de certificación dinámica se lleve a cabo al menos cada dos años, ya que los cambios relativamente menores en los constituyentes del suelo pueden afectar significativamente la resistencia del suelo y el desempeño.

3.3.3 SUELOS ESPECIALES

Como se mencionó previamente, hay situaciones en las cuales el dispositivo es probable que sea instalado en un suelo que es probable que se degrade. En estas situaciones, puede ser apropiado evaluar en uno o más de los siguientes suelos especiales. Las siguientes pautas pueden ser usadas para evaluar un dispositivo en un suelo débil, saturado o congelado.

Suelo Débil: Se recomienda que el suelo débil cumpla con las especificaciones estándares del AASHTO para “Agregado Fino para Hormigón Hidráulico”, designación AASHTO M 6. El suelo debe ser compactado de acuerdo con la Sección 304.05 del “Manual para la Construcción de Rutas” (*“Construction Manual for Highway Construction”*) de AASHTO (2). El suelo debe ser recompactado todo lo necesario antes de cada ensayo para cumplir con los requisitos de densidad del Manual de Construcción (2). El suelo debe estar bien drenado al momento de la prueba de choque.

Suelo Saturado: El “suelo estándar” y el “suelo débil” descriptos previamente pueden ser usados para evaluar el desempeño ante el impacto de un dispositivo bajo condiciones de suelo saturado. El contenido de la humedad del suelo debe replicar las condiciones en servicio esperadas.

Suelo Congelado: El “suelo estándar” y el “suelo débil” descriptos pueden ser usados para evaluar el desempeño ante el impacto de un dispositivo bajo condiciones de suelo congelado. El grado en el cual el suelo está congelado, medido en términos de profundidad y temperatura y su contenido de humedad debe replicar las condiciones en servicio esperadas.

3.3.4 EMPOTRAMIENTO DEL ARTÍCULO DE ENSAYO

Dentro del rango de las condiciones en servicio esperadas, la profundidad y el método de empotramiento deben ser aquellos que revelen el desempeño más pobre del artículo de ensayo. Esto puede no ser predecible, en cuyo caso las pruebas deben realizarse en condiciones de empotramiento diseñadas para revelar el peor desempeño. El método utilizado en el empotramiento del artículo de prueba debe replicar, de la mejor manera posible, el método por el cual el dispositivo será puesto en servicio.

La extensión lateral del material de relleno (si se utiliza) debe ser, al menos, aquel de la deformación lateral mínima establecida durante la prueba de certificación dinámica. Sin embargo, generalmente se acepta utilizar una extensión lateral mayor para el material de relleno si la dureza del mismo es mayor que el suelo original. Una vez más, no son aceptables las variaciones en el empotramiento con el propósito de ajustar el rendimiento

del suelo para una prueba de choque en escala real. La profundidad del relleno estructural (si se utiliza) debe extenderse siempre por debajo de los accesorios instalados.

El soporte de una señal en general se empotra enterrando el poste directamente en el suelo, insertando el soporte en un agujero cavado y llenándolo luego de suelo o colocando el soporte en una zapata de concreto. Métodos similares se usan para empotrar los postes de una barrera longitudinal. La mayoría de los postes de soporte de iluminación son sostenidos por una zapata de concreto y la mayoría de los postes de defensas se colocan en un pozo hecho en el suelo que después se rellena.

Algunas agencias de ensayos han desarrollado fundaciones universales para las pruebas de dispositivos de quiebre o frangibles, que consisten en placas de base de uso múltiple apoyadas en una base de concreto muy rígida. Estos cimientos, además de reducir los costos de ensayo, eliminan la interacción de las fundaciones con el suelo. También plantean preguntas sobre la fricción de la interfaz del dispositivo con su fundación y la rigidez del perno de anclaje. Si no se puede demostrar que estos efectos son insignificantes, el informe de ensayo debe, como mínimo, alertar a la agencia vial de los problemas potenciales y proporcionar recomendaciones para los sistemas de fundación que aseguren el rendimiento adecuado del soporte.

3.3.5 ESTRUCTURAS ESPECIALES

Cada extremo de barrera en costado de la carretera y en cunetas de medianas debe estar anclado, generalmente por secciones terminales, la baranda de los puentes debe estar conectada a la plataforma y las transiciones usualmente están fijadas a un puente rígido o al muro de ala aguas abajo del final de la transición. Es preferible que los diseños en servicio de estas estructuras auxiliares sean usados durante el ensayo de choque cuando sea practicable. Ej. Cuando se prueba una barrera para ser usada al costado del camino, es preferible que los finales sean terminados como si estuvieran en servicio. Cuando esto no es posible, se deben construir estructuras especiales. Un requerimiento clave de un dispositivo de anclaje especial colocado en el final de una barrera longitudinal es que debe tener la capacidad de resistir las cargas de tracción completa desarrolladas en la baranda.

La prueba de una baranda en el puente requerirá, en general, de una estructura de soporte especial, es decir, una cubierta de puente simulada. Para una baranda no rígida de puente, donde la deflexión lateral es un problema, la estructura en la cual el barandal se engancha debe simular las condiciones del borde para que se pueda evaluar adecuadamente el efecto de la penetración de vehículo más allá del borde de la cubierta. Sin importar la tensión de la baranda, quizá sea necesario evaluar la adecuación estructural de la cubierta misma para las condiciones de impacto, en cuyo caso, la estructura de la cubierta debe tener la misma resistencia y propiedades que la estructura en servicio.

Si se usa una cubierta genérica o universal en un ensayo de baranda de puente, es preferible que las cargas de impacto impuestas sobre la cubierta sean medidas o computadas desde la respuesta del vehículo medida y reportada. De esta manera, una agencia vial tendrá una guía sobre cómo diseñar una cubierta que difiera de la que se usó en la prueba. En la Referencia 112 se presentan los procedimientos que pueden ser usados para estimar las cargas de impacto de las aceleraciones vehiculares medidas. Para las pruebas de transiciones de barreras longitudinales de flexibles a rígidas, se debe construir una estructura prototipo de final de puente o muro de ala. La longitud, fuerza y geometría del prototipo debe ser suficiente como para aproximarse a la respuesta de impacto esperada en el puente o muro de ala en servicio. La Sección 3.4.2.1 contiene más recomendaciones del prototipo de final de puente.

3.4 ARTÍCULO DE ENSAYO

3.4.1 GENERALIDADES

Las características del material de todos los elementos claves en el artículo de ensayo que contribuye a su integridad estructural o comportamiento de impacto debe ser documentado en el reporte de ensayo. Las propiedades físicas y químicas de los materiales generalmente pueden obtenerse del proveedor del artículo de ensayo. Cuando la certificación de estos elementos no esté disponible, los materiales de los elementos claves deben ser muestreados, testeados y reportados. Para asegurarse que se consideren todos los elementos críticos es esencial un análisis meticuloso después de la prueba del artículo. Los materiales deben ser testeados independientemente cuando ocurre un fallo.

Las especificaciones de materiales, como las del AASHTO, ASTM, etc., deben ser reportadas para todos los elementos claves. Los resultados de los ensayos de muestreo de elementos deben confirmar que se cumplieron las especificaciones establecidas y que los elementos claves en el artículo de ensayo representaban la calidad de producción normal. La agencia de ensayo debe ofrecer su punto de vista en los potenciales efectos de los materiales marginales o los materiales que exceden considerablemente las especificaciones mínimas en el desempeño del artículo. Además, deben reportarse las propiedades especificadas, pero no verificadas de todos los demás materiales utilizados en el artículo de ensayo.

El artículo de ensayo debe ser construido e instalado en una manera representativa de las instalaciones actualmente en servicio y debe estar conforme a las especificaciones y dibujos del fabricante o diseñador. Para asegurar la uniformidad e integridad de las conexiones estructurales, las especificaciones actuales de la Sociedad Americana de Soldadura para los puentes en las rutas (7), las especificaciones de la Asociación de Aluminio para puentes de aluminio y otras estructuras en las rutas (1), los procedimientos de armado de tornillos del Instituto Americano para Construcciones de Acero (11); y otros documentos relevantes deben usarse de manera apropiada. Si hay desviaciones de fabricación, especificación o detalles de instalación deben ser descriptos en el reporte del ensayo.

3.4.2 DETALLES DE INSTALACIÓN

3.4.2.1 Barreras Longitudinales

Para las pruebas que investigan el desempeño de la longitud necesaria de las secciones de vigas o elementos de barreras, deben ser instalados de forma recta, nivelados y luego anclados. En los ensayos de desempeño general deben evitarse las instalaciones en curvas horizontales, banquetas inclinadas, elevaciones, cunetas, zanjas y cordones. Las barreras ensayadas para cunetas, cordones y pendientes al costado de la carretera de manera intencional, deben ser probadas bajo condiciones de ensayo especiales. El uso de sistemas no convencionales debe ser documentado y reportado. Como regla general, la longitud de la sección de prueba, incluyendo terminales o dispositivos de anclaje finales debe ser, por lo menos, tres veces el largo en el que se predicen las deformaciones, pero no menos que los 75 pies (23 m) para las barreras rígidas (es decir, uno para cada desplazamiento lateral pequeño que se anticipe, si es que los hay), 100 pies (30 m) para una barrera semi-rígida (ej. Una barrera de postes y vigas de metal en el costado de la carretera) y 600 pies (183 m) para una barrera

flexible (ej. Barrera de cables). Para las barreras semi-rígidas, los laboratorios de ensayo deben ser discretos al usar sistemas de longitudes más cortas que los 175 pies (53 m) y ser capaces de proveer un análisis adecuado para fundamentar el uso del dispositivo en una longitud más corta. Se recomienda que las longitudes de las barreras semi-rígidas solo sean probadas en longitudes menores de los 175 pies (53 m), si es que el laboratorio puede asegurar que habrá una longitud de contacto mínima y una deformación de barrera durante el impacto, que partes similares de rieles y postes se usarán en el cuerpo del sistema de barrera y las terminales vinculadas; y que el sector principal de la barrera y las secciones de terminales tengan características de dureza y desviación dinámica equivalentes. La longitud de la sección de prueba debe ser tal que: (1) las terminales o dispositivos de anclaje no influyan de manera significativa el comportamiento dinámico de la barrera y (2) la habilidad de la barrera para contener y redirigir el vehículo de ensayo de la manera recomendada pueda ser establecido de manera clara. Se pueden hacer algunas excepciones a los requerimientos de longitud de barreras recomendados si se puede demostrar que la instalación satisface estos dos requerimientos. Una demostración de una excepción de los requerimientos de longitud de barreras recomendadas debe incluir un análisis de la tensión en el anclaje, extensión de cable o riel y el efecto de membrana que puede reducir las deformaciones laterales. Nótese que es deseable medir las tensiones del anclaje durante la prueba de las barreras semi-rígidas y flexibles (ej. Barrera de cables) para mejorar la comprensión de la transmisión de la tensión del riel a lo largo de estas barreras.

Cuando una barrera flexible (ej. Barrera de cables) es testada en combinación con una pendiente en el costado de la carretera o cuneta de mediana, la longitud del terreno inclinado (ej. Inclinación o cuneta) debe exceder la distancia de contacto de vehículo pronosticada o longitud de deformación de la barrera para permitir la evaluación de la contención, redireccionamiento y estabilidad del vehículo previo a que el vehículo se encuentre con cualquier transición de terreno nivelado. El laboratorio de ensayo debe localizar el segmento de terreno inclinado dentro de la longitud de barrera mínima requerida de 600 pies (183 m). Basado en las pruebas de barreras de cables históricas sobre cunetas, una longitud de terreno inclinado de 360 pies (110 m) a 400 pies (122 m) puede proveer la longitud adecuada para evaluar el desempeño de la barrera y comportamiento del vehículo. Sin embargo, el laboratorio de ensayo es responsable de determinar la longitud y posición de la zona de terreno inclinado dentro de la longitud total del sistema de barrera. Aguas arriba y aguas abajo de la sección de pendiente o cuneta, pueden ser usadas transiciones graduales para pasar a terreno nivelado antes de finalizar los extremos finales de las barreras con una terminal de cables apropiada o dispositivo de anclaje.

Cuando se evalúan las barreras de cable instaladas en pendiente o dentro de cunetas de mediana, los vehículos de ensayo de choque pueden llegar a volar antes y/o después de impactar con el sistema de barrera. Cuando el vehículo en el aire regresa al suelo el contacto vehículo-suelo puede involucrar uno o más ruedas y posiblemente otras partes del vehículo. Las propiedades del suelo y el nivel de compresión en la zona del contacto vehículo-suelo puede influenciar el comportamiento del vehículo y la interacción de vehículo-barrera. Para lograr un grado más alto de consistencia y uniformidad en el ensayo, se recomienda que una base gruesa de material compacto de tamaño adecuado (ej. Material de Grado B como lo dicta el AASHTO M 147), midiendo aproximadamente una distancia de 6 pulgadas (150 mm) a 12 pulgadas (300 mm) se coloque como un revestimiento en la cuneta en la ubicación prevista del contacto inicial del vehículo con el terreno inclinado hasta la ubicación de la deflexión máxima de la barrera lateral.

Las pendientes en el costado de la carretera y las cunetas de medianas tendrán puntos de quiebre de pendiente definidos por la intersección de dos planos diferentes en una o más ubicaciones específicas. Por ejemplo, el punto de quiebre en la pendiente inicial está formado por la intersección de terreno nivelado con la pendiente de la cuneta. En el mundo real, estas ubicaciones de intersecciones de planos (puntos de quiebre de pendiente) serán redondeadas en un cierto grado, en vez de ser definidos por un quiebre angular. Por este motivo, los puntos de

quiebre ubicados en el comienzo y en el final de las pendientes en cunetas de medianas y pendientes ubicadas al costado de la carretera para la prueba y evaluación de dispositivos de barreras de cables pueden ser construidas con un radio de 3 pies (0,9 m) a 5 pies (1,5 m)

Para un dispositivo de barrera que depende de la tensión del riel para un desempeño adecuado, ej. las barreras de cables tensados, el sistema también debe ser tensionado para una temperatura de 100°F (37,8°C) para el ensayo. Esto minimiza el efecto de la variación en la temperatura ambiental sobre los resultados de prueba de un dispositivo de barrera tensionado. Además, se recomienda que se evalúe una barrera de cables con los espaciamientos de postes mayores y menores recomendados. Probar con el post espaciamiento más grande permite una evaluación de deflexión máxima de barrera, así como también su ancho de trabajo mayor. La deflexión de la barrera y el ancho de trabajo asociado con los espaciamientos intermedios entre postes se estiman mediante simulaciones por computadora o ensayos de choque suplementarias.

Una barrera independiente y sin anclaje, como una barrera de concreto segmentada prefabricada, cuyo desempeño ante el impacto depende en cierta medida de la resistencia friccional entre esta y la superficie en la cual está apoyada, debe ser probada en una superficie que replique la situación en servicio. Si se coloca en más de una superficie en servicio, se debe testear junto con la superficie que es probable que tenga el mayor efecto inverso en el desempeño, usualmente, el que tiene la menor resistencia friccional. El tipo de superficie, así como también los anclajes finales o terminales utilizadas deben estar incluidos en el reporte.

El dispositivo de barrera utilizado para la prueba de una transición debe estar instalado conforme lo estará en servicio. Como regla general, las transiciones de mayor cuidado son aquellas que sirven para conectar una barrera menos rígida aguas arriba a una barrera más rígida aguas abajo, como la transición de una barrera flexible en el costado de la carretera o de mediana a una barrera rígida de riel de un puente. En este caso, la longitud, resistencia y geometría del prototipo de riel de puente o muro de ala debe ser suficiente como para aproximarse a la respuesta de impacto esperada de la estructura en servicio. Se recomienda que la longitud del prototipo de riel de puente o muro de ala sea por lo menos de 17 pies (5 m) de distancia. Se recomienda un mínimo de 50 pies (15 m) de distancia de la barrera más flexible, debiendo adicionar además el final anclado de manera adecuada.

En casos donde la transición sirve para conectar barreras longitudinales con rigidez lateral similar, aunque con diferente geometría, se recomienda un mínimo de 50 pies (15 m) de distancia para cada una de las barreras adyacentes, además del final anclado de manera adecuada.

3.4.2.2 Terminales y Amortiguadores de impacto

Debe hacerse referencia a la Sección 2.2.2 para recomendaciones relativas a la manera en la cual se debe orientar una terminal o amortiguador de impacto con respecto a dirección de aproximación de vehículo. Al probar terminales, el artículo de ensayo debe ser instalado en nivel de grado. Como regla, una longitud necesaria de 100 pies (30 m) para una barrera semi-rígida (ej. Una barrera al costado de la carretera de postes y vigas de metal), y 300 pies (92 m) para una barrera flexible (ej. Barreras de cables) debe estar vinculada a la terminal y anclada en el final. Si la terminal está diseñada para una barrera longitudinal específica, la sección de longitud necesaria utilizada en la prueba debe estar conformada por la barrera específica. Se permiten excepciones a la longitud recomendada para la sección de longitud necesaria, siempre y cuando, se pueda determinar con claridad la habilidad de la terminal para detener, contener y redirigir o permitir la penetración controlada de un vehículo

de ensayo de la manera recomendada. Como se menciona en la Sección 3.4.2.1, los dispositivos de terminales de cables y anclajes finales deben ser contruidos, probados y evaluados en terreno nivelado, a menos que estén específicamente diseñadas para usarse en pendientes más empinadas que 10H:1V.

Se debe usar una estructura de soporte rígida y no flexible para simular alguna condición particular de la ruta (como un pilar de puente, una nesga elevada o el final de un puente) cuando sea apropiado. La forma de la estructura de soporte debe ser seleccionada para representar la peor condición de caso para cada una de las pruebas recomendadas. Por ejemplo, un amortiguador redirectivo diseñado para ser usado en la mediana debe ser testado con una estructura de soporte rectangular con el máximo ancho permisible para los ensayos que involucran el vehículo aproximándose desde el lado del obstáculo donde se encuentra el amortiguador de impacto. De esta manera, el riesgo de un vehículo enganchado en el final de la estructura de soporte durante el Ensayo 36 estará maximizado. Sin embargo, durante el ensayo de dirección en reversa, el Ensayo 37, una estructura de soporte más angosta, como una barrera de concreto debe ser utilizada para maximizar el riesgo de que el vehículo de ensayo quede enganchado en el de panel final del amortiguador. El amortiguador de impacto debe ser anclado como se requieren las especificaciones o diagramas.

3.4.2.3 Estructuras de Soporte, Dispositivos de Control de Tránsito en Zona de Obra y Postes Frangibles

Debe hacerse referencia a la Sección 2.2.4 para recomendaciones relativas a la forma en que una estructura de soporte, un dispositivo de control de tránsito de zona de obras o un poste frangible debe orientarse con respecto a la dirección de aproximación vehicular. Los ensayos deben verificar dispositivos frangibles diseñados para funcionar idénticamente cuando son impactados en direcciones específicas, como una base divisoria diseñada para impactos frontales o en los costados, o aquellos sistemas diseñados para funcionar idénticamente cuando son impactados desde cualquier dirección, ej. Base frangibles diseñadas para los impactos omnidireccionales.

Los soportes deben estar equipados con estructuras de altura completa, incluyendo señales, buzones, cabinas telefónicas y brazos de mástil para luminarias. Para los ensayos de soporte lumínico, es preferible que se use un artefacto real en lugar de un sustituto de peso equivalente, como se usó en el pasado. Los ensayos han mostrado que las columnas pueden quebrarse durante el impacto y consecuentemente puede presentar un problema para otros vehículos o para los ocupantes del vehículo impactante. Un poste de servicio público también debe usarse con su altura completa junto con su travesaño o pescante asociado, los cables de sujeción, puntales y conductores. Para compuertas de cierre de camino, se debe instalar el largo típico del brazo de la compuerta prevista para usarse en el campo. Estas compuertas son testeadas habitualmente con el brazo en posición hacia arriba. Aun así, se debe estimar si la prueba es más crítica con el brazo de la puerta en posición hacia arriba o hacia abajo y evaluar en consecuencia.

El ensayo puede involucrar múltiples soportes como múltiples soportes de buzones o grupos de tambores estrechamente espaciados en zona de obra. La orientación y el espaciamiento de estos soportes deben ser representativos de las condiciones en servicio.

Ocasionalmente, un dispositivo de control de tránsito en zona de trabajo, como una barricada o tambor de plástico, se dará vuelta o será colocado intencionalmente en una posición dada vuelta junto con la banquina de ruta en zona de trabajo. Alternativamente, una valla será colocada para que sus paneles estén paralelos en vez de perpendiculares al tránsito. Los dispositivos colocados en estos tipos de orientaciones “fuera de servicio” pueden ser un riesgo mayor, para un conductor errante, que en posición vertical o normal. Si hay una expectativa

razonable de que un dispositivo sea encontrado comúnmente adyacente al tránsito en una orientación fuera de servicio y que esta orientación sea una amenaza mayor para un conductor que en la posición normal, se debe testear en la posición alternativa. Si no se puede determinar cuál posición es la más crítica, se deben realizar pruebas en ambas orientaciones, la “fuera de servicio” y la normal.

Para los ensayos de un sistema de soporte de señales, la placa de la señal debe ser aproximada a la placa más grande que normalmente se usaría con ese soporte. El material de la placa debe ser el mismo que se usa normalmente. Si se utilizan paneles de diferentes materiales, como madera contrachapada, hojas de metal o plásticos de fibra reforzada, el ensayo debe llevarse a cabo con el material que puede ser la mayor amenaza para los ocupantes del vehículo que impacta. Si no se puede determinar que material es el más crítico, se recomienda que la prueba se lleve a cabo con el panel de mayor masa. El índice de aspecto de la señal (relación entre altura y ancho) debe ser típico del panel que normalmente se usaría con ese sistema de soporte. El alto montado del panel de señal (distancia desde la tierra al extremo del panel) debe ser la altura mínima en la cual el panel estaría montado en servicio a menos que pueda mostrarse que una altura montada mayor sería un mayor riesgo para los acompañantes del vehículo.

Para los ensayos de sistema de soporte de buzón con un solo buzón, este debe ser el más grande que el que se usaría normalmente en ese sistema de soporte. Para los ensayos de sistema de soporte con múltiples buzones, el número y tamaño de los buzones debe ser el mayor que normalmente se usaría.

3.4.2.4 Amortiguadores de Impacto montados sobre Camiones y Tráileres (TMAs)

Los amortiguadores de impacto montados sobre camiones y tráileres están sujetos a la misma matriz de ensayo. Para todas las pruebas de choque recomendadas, el camión de soporte debe estar colocado en una superficie limpia, seca y pavimentada. Se recomiendan las superficies asfaltadas o de hormigón. Se deben evitar condiciones como una superficie pulida o un asfalto exudado que podría reducir la fricción neumático-pavimento disponible. El camión de soporte debe estar en segunda marcha con el freno de mano colocado. Las ruedas frontales deben estar centradas sin ángulo de dirección, es decir, deben apuntar hacia el frente y no doblar hacia la izquierda o derecha. Cuando sea posible, un camión de soporte infinitamente pesado puede ser simulado bloqueando el camión de soporte impidiendo el movimiento lateral y hacia adelante.

3.4.3 DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN PARA ENSAYOS

Las siguientes secciones presentan un resumen de los parámetros críticos de la instalación para ensayos que se deben medir e incluir en el informe. Téngase en cuenta que las siguientes recomendaciones deben ser consideradas las mínimas necesarias. Se les alienta a las agencias de ensayo de proveer documentaciones de cualquier parámetro considerado como relevante para evaluar el resultado del ensayo.

3.4.3.1 Barreras Longitudinales y Canalizadores Longitudinales

La geometría de los sistemas que debe ser reportada incluye: alturas de montado, largo de los elementos del riel, largo de la instalación de ensayo, ubicación lateral de barrera relativa al terraplén o cuneta, largo y posición longitudinal del terreno inclinado dentro de la instalación total, alineamiento y orientación de la barrera relativa

a la aproximación vehicular y punto de impacto relativo al final de la barrera. Otros parámetros a ser reportados incluyen: tensión de barrera para las barreras de cables, tipo y ubicación de compensadores de temperatura, conectores de cable, uniones, accesorios, planos y configuraciones de secciones en la pendiente o dentro de la cuneta con la base compactada. La manera en la cual la barrera es terminada, anclada o ambas también debe estar presente. Todos los detalles de conexiones deben ser descriptos, incluyendo las articulaciones de barreras de concreto prefabricados, tuercas, tornillos y arandelas usados para anclar un poste de riel a la cubierta de un puente o al muro de ala y todo instrumental utilizado para conectar los elementos de rieles o engancharlos a un poste de soporte. El par de torsión de los tornillos o procedimientos de ajustado también deben ser identificados. También deben reportarse los diagramas de construcción suficientes para la reconstrucción del sistema tal como fue testeado.

Los detalles de los cimientos reportados deben incluir la manera en cual la barrera fue instalada, incluyendo la descripción de los detalles estructurales de los sistemas de vinculación entre la barrera y sus cimientos o la cubierta de puente o pavimento asociados. Los detalles de cualquier muro de ala y/o final de puente simulado también deben ser reportados para los ensayos que involucran transiciones de aproximación de guardarraíles. Los procedimientos de empotramiento y profundidades para los postes y otros componentes también deben ser descriptos adecuadamente. También deben ser reportados el tipo de superficie y las características friccionales de los pavimentos colocados bajo barreras transitorias independientes.

Como se describe en el Capítulo 6, las especificaciones para los materiales como fueron testeados deben figurar en el informe del test para todos los componentes importantes, así como también los equipos y herramientas asociados (cierres, tuercas, arandelas, placas de respaldo, etc.) utilizadas en la barrera. Los tamaños reales, y propiedades físicas y químicas deben ser reportados. Usualmente, esta información está disponible en los documentos de certificación obtenidos del proveedor.

3.4.3.2 Terminales y Amortiguadores de Impacto

La documentación de la geometría de los amortiguadores de impacto debe incluir la altura de los elementos de rieles montados, el espaciado entre postes, el largo de la instalación de ensayo, incluyendo la estructura de soporte, si es que se utiliza; la posición de los elementos de absorción de energía y el punto de impacto relativo al final del artículo. También deben ser reportados la manera en la cual la parte final del dispositivo fue anclada, incluyendo los anclajes de cable y estructuras de respaldo especiales. Deben ser incluidos los diagramas de construcción con el detalle suficiente como para la reconstrucción completa del sistema probado.

El reporte también debe incluir la manera en la cual el dispositivo fue respaldado, incluyendo los procedimientos de empotramiento para los postes enterrados en el suelo (impulsados, taladrados y rellenados, colocados en inserciones, bases de concreto, etc.); descripción y propiedades del suelo, como se describen en la Sección 3.3.1, y la descripción de la superficie en la cual un dispositivo independiente fue colocado, incluyendo el tipo y condición del pavimento, cuando sea relevante.

Deben estar incluidos en el informe las especificaciones para los materiales tal como fueron testeados para todos los componentes importantes, así como también el equipo y fijaciones asociados (sujeciones, tuercas, arandelas, placas de respaldo, etc.) utilizados en el artículo de ensayo. Los tamaños reales y las propiedades físicas y químicas también deben estar incluidos. Usualmente, esta información está disponible en los documentos de certificación obtenidos del proveedor.

3.4.3.3 Estructuras de Soporte, Dispositivos de Control de Tránsito en Zona de Obra y Postes Frangibles

Para de estos dispositivos los datos geométricos que deben documentarse incluyen: Alto y ancho de la placa de las señales, altura de montado de la misma, el espaciado entre postes de soporte para dispositivos de múltiples postes, la masa de todos los elementos de quiebre y los segmentos del poste, el punto de impacto al que se apunta y la dirección de aproximación del vehículo relativa a los artículos de prueba, la orientación del mecanismo de quiebre relativo a la aproximación del vehículo, la posición de los tornillos utilizados en el montado de la placa de señal hasta las vigas (si es que se usan) y la forma de conexión de las vigas (o panel) con los postes de soporte, las dimensiones de los dispositivos de control de tránsito, la altura de montado y los detalles de conexión de las luces utilizadas en los dispositivos de control de tránsito, la ubicación de los planos de deslizamiento y los puntos bisagra relativos al suelo para los soportes frangibles, la altura del poste de iluminación y su artefacto, dimensión y orientación del brazo de soporte en voladizo, la altura del poste y brazo transversal para el poste, y el tamaño y ubicación de todos los elementos montados sobre cabinas telefónicas o en el soporte de un buzón. El par de tensión de los tornillos o procedimientos de ajuste también deben ser identificados. Asimismo, deben incluirse los planos de construcción en forma suficientemente detallada como para la reconstrucción completa del sistema probado.

Los datos de las fundaciones a ser reportados incluyen: Los procedimientos de incrustación para los postes o varas enterrados en el suelo (impulsados, taladrados y rellenados, colocados en inserciones, bases de concreto, etc.); la profundidad de incrustado del artículo de ensayo, la descripción del suelo y sus propiedades si son relevantes; y la descripción de la superficie en la cual un dispositivo independiente fue colocado, incluyendo el tipo y condición del pavimento, cuando sea relevante.

Las especificaciones para los materiales como fueron testeados deben ser reportados para todos los componentes importantes, así como también el equipo y accesorios asociados (sujeciones, tuercas, arandelas, placas de respaldo, etc.) utilizados en el artículo de ensayo. También deben incluirse en el informe los tamaños reales y las propiedades físicas y químicas. Usualmente, esta información está disponible en los documentos de certificación obtenidos del proveedor. También deben ser reportadas las propiedades de impacto dinámicas de los materiales que fueron diseñados para fracturarse, las señales de soporte quebradizas y las bases frangibles.

3.4.3.4 Amortiguadores de Impacto montados sobre Camiones y Tráileres (TMAs)

Los amortiguadores de impacto montados sobre camiones y tráileres están sujetos a los mismos procedimientos de documentación. Los datos geométricos a ser reportados incluyen la longitud, ancho y alto del amortiguador, altura del mismo respecto al suelo, longitud del camión de apoyo, la masa del TMA y el equipo de soporte, los planos detallados del equipo de montaje y el punto de impacto objetivo en el TMA. También deben ser reportadas las descripciones de la superficie de prueba, incluyendo el tipo (asfalto u hormigón), terminado y estado del desgaste.

Asimismo, deben informarse las especificaciones del amortiguador como fue probado, otros elementos estructurales, equipo y accesorios asociados (sujeciones, tuercas, arandelas, placas de respaldo, etc) utilizados en el artículo de ensayo y los tamaños de los elementos de equipamiento.

La marca, modelo, masa y lastre del camión de soporte debe figurar en el reporte. Para los Ensayos 50, 51 y 52, debe ser usado el peso máximo permitido del camión de apoyo, mientras que el peso mínimo permitido debe usarse en el Ensayo 53. El camión de apoyo puede estar limitado contra los movimientos hacia el frente y laterales si no hay un límite superior en el peso del camión que pueda ser usado con el TMA. La manera en la cual se frena el camión de apoyo (es decir, freno de mano puesto, motor en segunda marcha, etc.) o bloqueado contra los movimientos hacia el frente también debe ser descrito en detalle.

3.4.4 DISPOSICIÓN DE LA INSTALACIÓN PARA ENSAYOS

Las agencias de ensayos deben quedarse con los componentes de la instalación para ensayos en depósito hasta que el proceso de elegibilidad de FHWA haya sido completado, para el caso de que surjan preguntas respecto a las mismas. Los componentes guardados en el depósito deben incluir componentes dañados y componentes estructurales claves relacionados al desempeño ante el impacto del artículo de ensayo, como el conjunto de cable de anclaje de un sistema de barrera para un impacto de redirectivo. Los componentes guardados deben, en su mayor medida, ser mantenidos lejos de las condiciones ambientales adversas que podrían cambiar sus propiedades de manera significativa.