

TÍTULO

**Revestimientos de las superficies de las áreas de juego
absorbedores de impactos**

Determinación de la altura de caída crítica

Impact attenuating playground surfacing. Determination of critical fall height.

Sols d'aires de jeux absorbant l'impact. Détermination de la hauteur de chute critique.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1177:2008.

OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE-EN 1177:1998 y UNE-EN 1177/A1:2002 antes de 2009-06-01.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 172 *Infancia* cuya Secretaría desempeña AENOR.

Prueba de Composición

Versión en español

Revestimientos de las superficies de las áreas de juego absorbentes de impactos Determinación de la altura de caída crítica

**Impact attenuating playground surfacing.
Determination of critical fall height.**

**Sols d'aires de jeux absorbant l'impact.
Détermination de la hauteur de chute
critique.**

**Stoßdämpfende Spielplatzböden.
Bestimmung der kritischen Fallhöhe.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2008-04-25.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	5
INTRODUCCIÓN	7
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
2 NORMAS PARA CONSULTA	7
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	8
4 MÉTODO DE ENSAYO	8
4.1 Principio	8
4.2 Aparatos.....	9
4.3 Precisión de los ensayos	10
4.4 Condiciones de los ensayos	10
4.4.1 Ensayos en laboratorio	10
4.4.2 Ensayos <i>in situ</i>	11
4.5 Procedimiento.....	12
4.5.1 Curva de tiempo/aceleración.....	12
4.5.2 Elección y definición de la posición de ensayo	12
4.5.3 Procedimientos para tipos específicos de productos	12
4.5.4 Selección de datos para la determinación de la altura de caída crítica	14
4.6 Cálculo de los resultados	14
4.7 Informe de ensayo	15
4.7.1 Generalidades	15
4.7.2 Ensayos efectuados en laboratorio.....	15
4.7.3 Ensayos efectuados <i>in situ</i>	15
ANEXO A (Informativo) DISPOSITIVO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ALTURA DE CAÍDA CRÍTICA	17
ANEXO B (Informativo) EJEMPLOS TÍPICOS DE TRAZADO DE ACELERACIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO Y CURVA DE ÍNDICES HIC EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE CAÍDA	18

PRÓLOGO

Esta Norma EN 1177:2008 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 136 *Deportes, campos de juego y otros equipos de recreo*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de noviembre de 2008, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de mayo de 2009.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN 1177:1997.

Esta norma de equipamiento de las áreas de juego y superficies comprende esta norma y la Norma EN 1176, que consta de las siguientes partes:

EN 1176-1, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo*

EN 1176-2, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 2: Requisitos de seguridad específicos adicionales y métodos de ensayo para columpios*

EN 1176-3, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 3: Requisitos de seguridad específicos adicionales y métodos de ensayo para toboganes*

EN 1176-4, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 4: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo complementarios específicos para tirolinas*

EN 1176-5, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 5: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo complementarios específicos para carruseles*

EN 1176-6, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 6: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo complementarios específicos para balancines*

EN 1176-7, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 7: Guía para la instalación, inspección, mantenimiento y utilización*

EN 1176-10, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 10: Requisitos de seguridad específicos y adicionales y métodos de ensayo para equipos de juego totalmente interiores*

EN 1176-11, *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 11: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo adicionales específicos para redes tridimensionales*

Para equipos de juego hinchables, véase:

EN 14960, *Equipos de juego hinchables. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo*

Los cambios principales respecto a la versión anterior de esta norma se relacionan con el hecho de que todos los requisitos de seguridad han sido eliminados y ahora están inducidos en la Norma EN 1176-1, de forma que esta norma es ahora únicamente un método para evaluar la atenuación del impacto. Como resultado del ensayo interlaboratorio se han introducido criterios adicionales para aplicar al procedimiento de ensayo y a los requisitos adicionales para el equipamiento de ensayo.

Prueba de composición

INTRODUCCIÓN

Esta norma europea se basa en los principios de seguridad que se indican en la Norma EN 1176-1 para equipamientos de áreas de juego, y aporta un método para la evaluación de la amortiguación del impacto de las superficies destinadas al uso del equipamiento en el área de juego, según se define en la Norma EN 1176-1.

Las lesiones producidas por caídas en las áreas de juego se pueden producir por diversos motivos, pero se estima que las lesiones más graves son las que afectan a la cabeza. El comité responsable de esta norma europea reconoce que existen muchos factores que afectan a los mecanismos de las lesiones independientemente de las superficies, como por ejemplo, la orientación del cuerpo, la violencia de la caída, la densidad ósea, etc. Investigaciones recientes indican que la discapacidad permanente y las lesiones en la columna podrían estar influenciadas por la duración del pulso de aceleración. El comité responsable de esta norma europea se propone considerar las investigaciones recientes en esta materia en una revisión futura de esta norma.

En consecuencia, se ha considerado prioritario establecer un criterio para los materiales de revestimiento con el fin de evaluar su capacidad para reducir las probabilidades de lesiones en la cabeza.

En virtud de análisis estadísticos realizados sobre las bases de datos disponibles, se ha utilizado el Criterio de Lesiones en la Cabeza (HIC) de un nivel de tolerancia de 1 000, como límite superior para la gravedad de las lesiones que no sean susceptibles de tener consecuencias que produzcan una discapacidad o la muerte. Al elegir la medición del HIC como criterio de seguridad, el método sólo toma en consideración la energía cinética de la cabeza en el momento del impacto con las superficies del área de impacto. Se considera que las superficies que satisfagan los requisitos de ensayo, cumplen con los requisitos de amortiguación del impacto de la Norma EN 1176-1.

NOTA El valor 1 000 de HIC es simplemente un punto de referencia en una curva de gravedad de riesgo donde un HIC de 1 000 es equivalente a un 3% de probabilidad de una lesión crítica (MAIS¹⁾ 5), un 18% de probabilidad de una lesión muy grave en la cabeza (MAIS 4), un 55% de probabilidad de una lesión grave en la cabeza (MAIS 3), un 89% de probabilidad de una lesión moderada en la cabeza (MAIS 2), y un 99,5% de probabilidad de una lesión leve en la cabeza (MAIS 1), para un adulto masculino medio.

Existe una variedad de materiales disponibles que permiten amortiguar el impacto, tales como baldosas de caucho, colchonetas, planchas, revestimientos sintéticos continuos, bien prefabricados o hechos *in situ*, materiales sin cohesión, tales como gravilla, arena, virutas de madera, corteza, etc. El método de ensayo de esta norma europea se puede utilizar para evaluar cualquiera de estos revestimientos.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica un método para determinar la amortiguación del impacto de las superficies de las áreas de juego. Define una altura de caída crítica (véase 3.2) para los revestimientos, que representa el límite superior de su eficacia para reducir las lesiones en la cabeza cuando se utiliza un equipamiento de área de juego conforme a la Norma EN 1176. Los métodos de ensayo que se describen en esta norma europea para los ensayos efectuados en un laboratorio y para los efectuados *in situ*.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 933-1 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 10: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.*

EN 1176-1:2008 *Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo.*

1) Máxima Escala Abreviada de Lesiones, desarrollada por primera vez por la Asociación para el Avance de la Medicina Automotriz, y utilizada ampliamente en la industria automotriz como indicador de la gravedad de las lesiones relacionadas con la cabeza.

EN ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.* (ISO/IEC 17025:2005)

ISO 6487:2002 *Vehículos de carretera. Técnicas de medición durante los ensayos de choques. Instrumentación.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en la Norma EN 1176-1:2008 además de los siguientes:

3.1 amortiguación del impacto:

Propiedades de una superficie de disipar la energía cinética de un impacto mediante una deformación o un desplazamiento localizado que permite reducir la aceleración.

3.2 altura de caída crítica:

Altura de caída libre máxima para la que una superficie aporta un nivel aceptable de amortiguación del impacto, determinado según se describe en el apartado 4.4.

3.3 criterio de lesiones en la cabeza (HIC):

Criterio establecido para las lesiones de cabeza provocadas por caídas y calculado de acuerdo con la fórmula indicada en el apartado 4.6.1.

3.4 posición de ensayo:

Emplazamiento sobre el material que se va a someter a ensayo, situado verticalmente bajo el centro de la cabeza-maniquí.

3.5 altura de caída:

Distancia entre la posición de ensayo sobre el revestimiento y el punto más bajo de la cabeza-maniquí antes de soltarla en caída libre.

NOTA En el caso de una cabeza-maniquí guiada, este valor se calcula a partir de la medición de la velocidad de impacto (véase 4.2.6).

3.6 medición del impacto:

Índice HIC a partir del valor de aceleración registrado de la cabeza-maniquí cuando cae desde una altura de caída determinada sobre una posición de ensayo de la muestra.

3.7 ensayo de caída:

Serie de mediciones de impacto realizadas a partir de un mínimo de cuatro alturas de caída crecientes.

3.8 material granuloso sin cohesión:

Material que absorbe la energía de un impacto, generalmente debido a su desplazamiento.

4 MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Principio

Las probetas o las superficies instaladas de los materiales amortiguadores de impactos sometidos a ensayo, se golpean con una cabeza-maniquí en una serie determinada de impactos desde diferentes alturas de caída. Se procesa la señal que emite durante cada impacto un acelerómetro (véase la figura B.1) montado en la cabeza-maniquí durante cada impacto, para obtener, a partir de los valores medidos de la energía de impacto, un nivel de gravedad que se define como criterio de lesión en la cabeza (HIC).

Se representa gráficamente el HIC de cada impacto y se calcula la altura de caída crítica como la altura de caída más baja que produzca un valor HIC de 1 000 (véase la figura B.2).

4.2 Aparatos

4.2.1 Dispositivo de ensayo, que consiste en una cabeza de maniquí con un acelerómetro (4.2.2), opcionalmente con un amplificador de carga (4.2.3) y, en caso de utilizar un acelerómetro uniaxial, un sistema de guiado (4.2.4), y un equipo de medición del impacto (4.2.8) como se muestra en la figura A.1.

4.2.2 Cabeza-maniquí, que consiste en:

- a) una esfera de aleación de aluminio; o
- b) un proyectil de aleación de aluminio con extremo hemisférico.

Debe tener un diámetro de $160 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, una masa de $4,6 \text{ kg} \pm 0,05 \text{ kg}$, con una desviación máxima de la superficie hemisférica de 0,5 mm, e ir equipada con un acelerómetro integrado como se indica a continuación:

- c) acelerómetro triaxial para las cabezas-maniquí en caída libre, montado en el centro de gravedad del modelo de la cabeza-maniquí; o
- d) acelerómetro uniaxial para las cabezas-maniquí guiadas, alineado de modo que permita la realización de mediciones en el eje vertical $\pm 5^\circ$ y colocado directamente sobre el centro de la masa.

La parte de la cabeza-maniquí que choca con la superficie, situada entre el límite inferior y el acelerómetro, deber ser homogénea y sin huecos.

4.2.3 Amplificador de carga (opcional)

4.2.4 Sistema de guiado, para guiar la cabeza-maniquí durante la utilización de un acelerómetro uniaxial que incluya un sistema para medir la velocidad de la cabeza-maniquí justo antes del impacto.

4.2.5 Equipo de medición de la longitud, de modo que, para el ensayo de impacto en caída libre, se pueda medir directamente la altura de caída antes de soltar la cabeza-maniquí.

NOTA El cálculo de la altura de caída a partir del tiempo medido entre la liberación y el contacto del proyectil con la superficie puede ser insuficiente, debido a posibles diferencias de tiempo entre el inicio de la medición del tiempo y la liberación real de la cabeza-maniquí (por ejemplo, a causa del magnetismo permanente en un sistema de liberación magnético).

En todos los casos, la altura de caída se debe medir con una aproximación no superior al 1%.

4.2.6 Equipo de medición de la velocidad, de modo que, para el ensayo de impacto en caída guiada, se pueda calcular la altura teórica de caída midiendo la velocidad de la cabeza-maniquí justo antes del impacto.

En todos los casos, la velocidad se debe medir con una aproximación no superior a $\pm 1\%$.

NOTA Para tener en cuenta las pérdidas por rozamiento, se registra la velocidad de la cabeza-maniquí inmediatamente antes del impacto, a fin de calcular la altura de caída que correspondería a la de una cabeza-maniquí en caída libre.

4.2.7 Sistema de liberación, de modo que, para el ensayo de impacto en caída libre, no produzca un momento de rotación ni cualquier otra fuerza sobre la cabeza-maniquí al liberar ésta.

NOTA Un momento de rotación o cualquier otra fuerza sobre la cabeza-maniquí produciría aceleraciones suplementarias tras el impacto en el triaxial, provocando un error incontrolable del valor resultante para la medición vertical.

4.2.8 Equipo para medición de impactos, que consiste en un sistema de medición mediante acelerómetro (4.2.9), un dispositivo de registro (4.2.10) y un programa de cálculo de HIC (4.2.11).

4.2.9 Sistema de medición mediante acelerómetro, capaz de medir todas las frecuencias en la gama de 0,3 Hz hasta 1 000 Hz, y que tenga una respuesta suficiente en todas las frecuencias para mantener los errores de amplitud por debajo del 5%, conforme a la Norma ISO 6487. Debe ser capaz de medir, registrar y mostrar la aceleración y el tiempo de duración de cada impacto completo.

NOTA Para una respuesta suficiente en las frecuencias bajas, la frecuencia inferior de limitación de 3 dB debería ser igual o inferior a 0,3 Hz, para reducir el error sobrepasando el punto de referencia tras el impacto, y desestimando la g-max y el resultado del HIC, particularmente para las duraciones de pulso más largas (véase el diagrama de respuesta de frecuencias de la figura 1 de la Norma ISO 6487:2002). Generalmente, este requisito lo cumple un acelerómetro con una constante de tiempo igual o superior a 2 s y un acondicionamiento de señal adecuado.

4.2.10 Dispositivo de registro, capaz de capturar y registrar las señales del tiempo de aceleración que se producen durante un impacto, con una frecuencia mínima de muestreo de 10 kHz. El acondicionamiento y filtrado de la señal debe ser compatible con el acelerómetro, y el canal de datos especificado debe ajustarse a la Norma ISO 6487.

NOTA Según la Norma ISO 6487, los filtros analógicos para evitar la distorsión deberían tener una atenuación de al menos 30 dB en la mitad de la frecuencia de muestreo.

4.2.11 Programa para calcular el valor de HIC para el historial del tiempo de aceleración registrado de cada impacto, conforme al apartado 4.6.

4.3 Precisión de los ensayos

4.3.1 El aparato se debe equipar con unos dispositivos de medición calibrados. El sistema de medición de impactos, incluyendo el equipo para el procesamiento de la señal y la medición de la altura de caída, se debe validar al menos una vez al año por un laboratorio competente conforme a la Norma EN ISO/IEC 17025.

NOTA Para los ensayos *in situ*, es recomendable que se aumente la frecuencia de validación del equipo.

4.3.2 Los acelerómetros se deben calibrar para toda la gama de frecuencias. La re-calibración se debe efectuar a los intervalos de tiempo recomendados por el fabricante del acelerómetro, o al menos cada dos años. Los acelerómetros no deben tener una incertidumbre de medida superior al 5%.

4.3.3 Los sistemas de medición de la velocidad se deben calibrar para toda la gama de velocidades (hasta 3 m de altura de caída).

4.3.4 El algoritmo informático utilizado para los cálculos se debe verificar insertando una curva semi-seno, y el resultado, al compararlo con un cálculo matemático independiente de dicha curva, no se debe desviar más del $\pm 1\%$.

4.3.5 Para evaluar que el efecto del sistema de liberación sobre la cabeza-maniquí sea adecuado se debe comprobar mediante una serie de al menos tres ensayos consecutivos de caída sobre una superficie de referencia definida con propiedades constantes. Los valores HIC obtenidos no deben diferir más del $\pm 5\%$.

NOTA 1 Estos ensayos son para comprobar cualquier desviación o anomalía en los componentes, y no sustituyen a la calibración ni a la validación para que el aparato cumpla con esta norma europea.

NOTA 2 La experiencia ha demostrado que los ensayos comparativos en superficie definidas pueden ser insuficientes, y que se requiere una calibración externa del dispositivo de medición.

4.4 Condiciones de los ensayos

4.4.1 Ensayos en laboratorio

4.4.1.1 Los ensayos se deben realizar a una temperatura de $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

4.4.1.2 Los ensayos se debe efectuar sobre un soporte de hormigón rígido plano o una superficie equivalente, con la masa, densidad y espesor suficientes para que su deformación durante los ensayos no afecte de modo considerable al resultado de los mismos.

4.4.1.3 Para los ensayos de materiales granulosos, se debe utilizar un marco de ensayo sin base, que tenga unas dimensiones interiores mínimas de 1 m × 1 m, y que sea capaz de mantener el material hasta la profundidad especificada por el proveedor.

NOTA 1 Normalmente, las dimensiones indicadas reducen la influencia de la contención de los materiales granulosos.

Los materiales granulosos se deben colocar en el marco de ensayo (véase el apartado 6.2.6) sobre el soporte rígido y plano, y se deben distribuir uniformemente dentro del marco, sin compactarse, hasta la profundidad especificada por el proveedor.

NOTA 2 La profundidad se puede determinar colocando sobre el material una capa de madera contrachapada de 1 m × 1 m × 10 mm, y midiendo el espesor de la capa que queda bajo el contrachapado.

4.4.1.4 Para los ensayos de las baldosas, se deben colocar al menos cuatro baldosas con unas dimensiones totales mínimas de 1 m × 1 m sobre un soporte rígido y plano (4.4.1.2) conforme a las instrucciones del fabricante, incluyendo todos los elementos de unión y sujeción en el lugar correspondiente para la instalación en el área de juego.

4.4.1.5 Para los ensayos de los revestimientos que van a fabricarse *in situ* se debe efectuar uno de los siguientes preparativos, sin juntas ni empalmes:

- a) al menos una probeta con una dimensión total mínima de 1 m × 1 m, situada sobre un soporte rígido (4.4.1.2), conforme a las instrucciones del fabricante;
- b) al menos nueve probetas distintas, cada una de ellas no menor de 500 mm × 500 mm, extendidas sobre un soporte rígido y plano (4.4.1.2), conforme a las instrucciones del fabricante.

4.4.1.6 Para los productos destinados a ser extendidos sobre otra capa, se debe someter a ensayo todo el sistema, el revestimiento con la capa inferior, sobre el soporte rígido y plano (véase 4.4.1.2), y se debe presentar como un producto compuesto.

NOTA 1 Los soportes que no sean rígidos y planos (4.4.1.2) son susceptibles de contribuir a la amortiguación del impacto del material sometido a ensayo.

4.4.1.7 Si se sospecha que la amortiguación del impacto del material podría estar influenciada por la humedad (por ejemplo, la arena), se debe medir el contenido de humedad en el momento del ensayo, y se debe registrar junto al método empleado para el ensayo.

NOTA 1 La amortiguación del impacto de ciertos materiales granulosos puede resultar influenciada considerablemente por su contenido de humedad.

NOTA 2 Los productos destinados a su instalación en combinación con un substrato natural (por ejemplo, césped, hierba, turba natural, arena) no se pueden ensayar de manera significativa en el laboratorio, y no se pueden someter a informe de ensayo de acuerdo con la Norma EN ISO/IEC 17025. La altura de caída crítica de dichos productos únicamente se puede determinar por separado mediante un ensayo *in situ*, en una instalación real ya existente, completamente consolidada.

4.4.2 Ensayos *in situ*

4.4.2.1 Los ensayos *in situ* generalmente se deben efectuar y documentar como se describe para los ensayos en laboratorio, salvo que se deben identificar otras condiciones climáticas importantes (la temperatura, la humedad, etc.) que se deben medir y documentar cuando se efectúe el ensayo.

4.4.2.2 Los ensayos *in situ* no se pueden utilizar para la certificación del producto, y se debe elaborar un informe de ensayo por separado que se ajuste al apartado 4.7.2, prologado por el enunciado que se indica en el apartado 4.7.3.

NOTA Como el rendimiento de ciertos materiales resulta notablemente afectado por la temperatura, la humedad y otros factores, el ensayo únicamente determina una altura de caída crítica en la situación real en el momento del ensayo.

4.5 Procedimiento

4.5.1 Curva de tiempo/aceleración

Se visualiza la curva de tiempo/aceleración para cada impacto y se examina para detectar posibles anomalías antes de su procesamiento y evaluación.

Si en la señal que se obtiene durante el ensayo de caída realizado con la cabeza-mañiquí descrita en este método de ensayo aparecen componentes de altas frecuencias, es muy probable que exista algún fallo mecánico en el aparato. Se efectúa una comprobación para asegurarse de que ningún elemento de la cabeza-mañiquí se haya aflojado, en particular el acelerómetro.

Si como consecuencia de las vibraciones que experimenta la cabeza-mañiquí durante el ensayo de caída aparecen componentes de altas frecuencias, será necesario filtrar las señales por medio de un filtro normalizado. Se efectúan mediciones con y sin filtro y se comparan los índices HIC así obtenidos.

4.5.2 Elección y definición de la posición de ensayo

4.5.2.1 Para cada altura de caída seleccionada, se realizan las mediciones de impacto en todas las posiciones de ensayo correspondientes de las probetas o materiales a ensayar, en la medida en que resulte práctico, para determinar la posición de ensayo de la altura de caída crítica.

4.5.2.2 Asegurarse de que la distancia entre dos posiciones de ensayo cualquiera no es inferior a 250 mm, y que ninguna posición está más cerca de 250 mm desde el borde de la probeta de ensayo, el conjunto o el marco de ensayo.

NOTA Estas distancias son para evitar influencias sobre la posición de ensayo a causa de anteriores ensayos y de los bordes del perímetro de la probeta de ensayo.

4.5.2.3 Para todos los ensayos, asegurarse de que la localización de todas las posiciones de ensayo donde se mide la altura de caída crítica, estén en referencia a las probetas de ensayo y el material, y tengan relación con la estructura y/o la geometría del revestimiento, y se indica en el informe del ensayo.

4.5.2.4 Cuando se efectúen ensayos *in situ*, asegurarse de que la localización de todas las posiciones de ensayo donde se mide la altura de caída crítica, estén en referencia al equipamiento del área de juego, y se indica en el informe del ensayo.

4.5.2.5 Para los materiales sin cohesión y los revestimientos naturales, se localiza la posición de ensayo para cada altura de caída en una nueva posición en el suelo (todavía no sometida a ensayo).

NOTA Entre los materiales sin cohesión y los revestimientos naturales se encuentran el sustrato natural y la arena.

4.5.2.6 No hay que efectuar ensayo alguno en las áreas de caída si éstas presentan una inclinación superior a 10° respecto a la horizontal.

4.5.2.7 Si se han utilizado en la superficie de impacto diferentes tipos de suelo y/o revestimiento, los ensayos han de realizarse para cada tipo por separado.

4.5.3 Procedimientos para tipos específicos de productos

4.5.3.1 Productos de revestimiento prefabricados

4.5.3.1.1 Ensayos en laboratorio

Para las baldosas, losas u otros productos de revestimiento fabricados, se realizan al menos nueve ensayos de caída cada uno de ellos en distintas posiciones de ensayo sobre las probetas (véanse 4.4.1.4 y 4.4.1.5).

Para las baldosas, se realiza un ensayo de caída (como mínimo en cuatro alturas de caída) en las posiciones siguientes:

- a) en el centro de las baldosas;
- b) en el centro de una junta que una dos baldosas adyacentes;
- c) en el empalme donde confluye el número máximo de baldosas;
- d) en cualquier otro punto caracterizado por una heterogeneidad o discontinuidad, para obtener el valor más bajo de altura de caída crítica en cualquier punto del montaje.

Se asegura de que cada ensayo de caída se complete en 15 min.

Se registra cada valor HIC.

4.5.3.1.2 Ensayos *in situ*

Se utiliza el procedimiento descrito en el apartado 4.5.3.1.1, salvo que todas las alturas de caída deben estar en la altura libre de caída máxima correspondiente del equipo para esa posición.

4.5.3.2 Materiales sin cohesión y revestimientos naturales

4.5.3.2.1 Generalidades

Para los materiales sin cohesión, se efectúan al menos tres ensayos de caída según se describe en el apartado 4.5.3.2.2 ó 4.5.3.2.3, según proceda.

4.5.3.2.2 Ensayos en laboratorio

Se localiza la primera posición de ensayo, que no debe estar a menos de 250 mm del marco, y se efectúan tres impactos consecutivos con la cabeza-maniquí desde la misma altura de caída, en la misma posición de ensayo y sin proceder a una redistribución del material (véase 4.4.1.3).

Se registran todos los resultados.

NOTA Este procedimiento tiene en cuenta los posibles efectos de la compactación del material y es susceptible de arrojar valores progresivamente superiores.

Se redistribuye el material en el marco y se renivela hasta alcanzar el mismo espesor de ensayo.

Se deja caer la cabeza-maniquí desde la segunda altura de caída (progresivamente superior) tres veces sin proceder a una redistribución, como anteriormente.

Se redistribuye el material en el marco y se renivela hasta alcanzar el mismo espesor de ensayo. Se repite el procedimiento hasta que se sometan a ensayo todas las alturas de caída necesarias (un mínimo de cuatro).

Se registran todos los valores HIC.

Para medir los valores HIC para el mismo producto, instalado en capas de distinto espesor, se retira todo el material del marco y se sustituye con material nuevo antes de proceder al ensayo con un nuevo espesor.

Para los materiales susceptibles de sufrir una influencia importante debido a su contenido de humedad (por, ejemplo, la arena), se mide el contenido de humedad en el momento del ensayo y se registra el método usado y el resultado.

Cuando se ensaye arena o grava, se determina la distribución del tamaño de las partículas efectuando un ensayo de tamizado conforme a la Norma EN 933-1.

4.5.3.2.3 Ensayos *in situ*

Para los ensayos *in situ*, se efectúa el procedimiento descrito en el apartado 4.5.3.2.2 para cada altura de caída (mínimo de cuatro) utilizando una posición distinta para cada altura de caída, asegurándose de que el material se encuentra en la misma capa de profundidad en cada posición de ensayo. Desde cada altura de ensayo, se deja caer la cabeza-maniquí tres veces en la misma posición de ensayo, sin redistribuir el material, y se registra el valor máximo de HIC de las tres caídas. Se efectúa el ensayo en la siguiente altura de caída en una zona distinta de la superficie, separada al menos 250 mm.

Se registran todos los valores HIC.

Cuando se realicen los ensayos *in situ*, se deben seleccionar varias posiciones de ensayo para asegurarse de que se incluye la peor situación (por ejemplo, la posición de acceso). Cuando se ensaye arena o grava *in situ*, no es necesario determinar la distribución del tamaño de las partículas.

4.5.4 Selección de datos para la determinación de la altura de caída crítica

Se seleccionan las alturas de caída más bajas equivalentes a un índice HIC de 1 000 conseguidas durante cualquiera de los ensayos de caída realizados conforme al apartado 4.5.3, utilizando mediciones de impacto con al menos dos valores con un índice HIC por debajo y al menos dos valores con un índice HIC por encima de 1 000 (véase la figura B.2). Dos de las alturas de caída deben estar dentro de los 500 mm por debajo de la altura de caída crítica, y otras dos dentro de los 500 mm por encima de la altura de caída crítica.

Esto no se aplica a los materiales que arrojen valores HIC inferiores a 1 000 en la altura máxima de ensayo.

4.6 Cálculo de los resultados

4.6.1 Se calcula el criterio de lesión en la cabeza (HIC) para cada curva aceleración/tiempo, según la fórmula:

$$\text{HIC} = \left[\left(\frac{\int_{t_1}^{t_2} a \times dt}{t_2 - t_1} \right)^{2,5} \times (t_2 - t_1) \right] \text{máx.}$$

para todos los intervalos de tiempo $[t_1, t_2]$ con una frecuencia de muestreo mínima de 8 000 Hz, entre t_{inicio} y t_{final}

donde

t_{inicio} es el tiempo, al principio del impacto, en que la aceleración de la cabeza-maniquí es igual o superior a cero;

t_{final} es el tiempo, al final del impacto, en que la aceleración de la cabeza-maniquí es por primera vez igual o inferior a cero;

a es la aceleración que experimenta la cabeza-maniquí, expresada en g (aceleración debida a la gravedad);

t_1, t_2 son dos de los valores intermedios de t entre t_{inicio} y t_{final} , siendo t el tiempo expresado en milisegundos [ms].

Este procedimiento únicamente es válido para los impactos con una duración HIC superior a 3 ms, esto es, $(t_2 - t_1) \geq 3$ ms.

4.6.2 Para calcular la altura de caída crítica, se traza una curva para todas las alturas seleccionadas, en la que se trazan los índices HIC en función de las correspondientes alturas de caída obtenidas. Se interpola la curva para obtener la altura de caída equivalente a un HIC de 1 000.

Si uno solo de los ensayos de caída arroja un resultado anómalo, se repite dicho ensayo en una nueva posición de ensayo y se sigue profundizando mediante la realización de más ensayos de caída para esa parte de la curva en cuestión.

NOTA En la figura B.2 se muestra un ejemplo de curva correcta.

4.6.3 Se determina la altura de caída crítica como la altura de caída más baja que presenta un HIC de 1 000 obtenido a partir de cualquiera de los ensayos de caída.

4.7 Informe de ensayo

4.7.1 Generalidades

Únicamente deben elaborarse informes de ensayo para materiales y subestructuras de revestimiento claramente definidas, cuando se sometan a ensayo conforme a los apartados 4.4. y 4.5.

4.7.2 Ensayos efectuados en laboratorio

El informe para los ensayos de laboratorio debe elaborarse conforme a la Norma EN ISO/IEC 17025, y en él debe figurar la siguiente información:

- a) el número y la fecha de esta norma europea, esto es, EN 1177:2008;
- b) una descripción completa del producto sometido a ensayo, incluyendo su espesor y profundidad de capa (para los materiales granulosos), el resultado de un ensayo de tamizado conforme a la Norma EN 933-1 (para arena a grava), la densidad, área de masa/unidad y cualesquiera otras propiedades susceptibles de influir en la altura de caída crítica del material;
- c) para los materiales granulosos, una fotografía del material sometido a ensayo, con una indicación de la escala;
- d) una indicación de que “Este material también cumple los requisitos de la Norma EN 1176-1, en particular de los capítulos 4 y 6”.
- e) el método de sujeción utilizado para retener las muestras y las dimensiones interiores del recipiente de ensayo utilizado y el espesor de la capa de los materiales sin cohesión;
- f) un esquema que muestre todas las posiciones de ensayo;
- g) el estado del revestimiento en el momento del ensayo, con indicación de la temperatura en grados Celsius, y el grado de humedad, si procede (por ejemplo, para la arena) incluyendo el método de ensayo utilizado;
- h) los resultados de cada ensayo de caída con indicación de todas las alturas de caída utilizadas y los índices HIC correspondientes a cada una de ellas;
- i) la altura de caída crítica para el revestimiento ensayado, expresada en metros, redondeada con un decimal; (por ejemplo, 1,59 m se redondea como 1,5 m);
- j) la curva que muestre los índices HIC en función de la altura de caída a partir de la cual se ha determinado la altura de caída crítica del revestimiento; y
- k) la curva tiempo/aceleración de un impacto con un HIC igual o superior a 1 000, o, para los valores HIC máximos por debajo de 1 000, el valor más alto medido.

4.7.3 Ensayos efectuados *in situ*

El informe para los ensayos efectuados *in situ* debe incluir como prefacio la siguiente declaración:

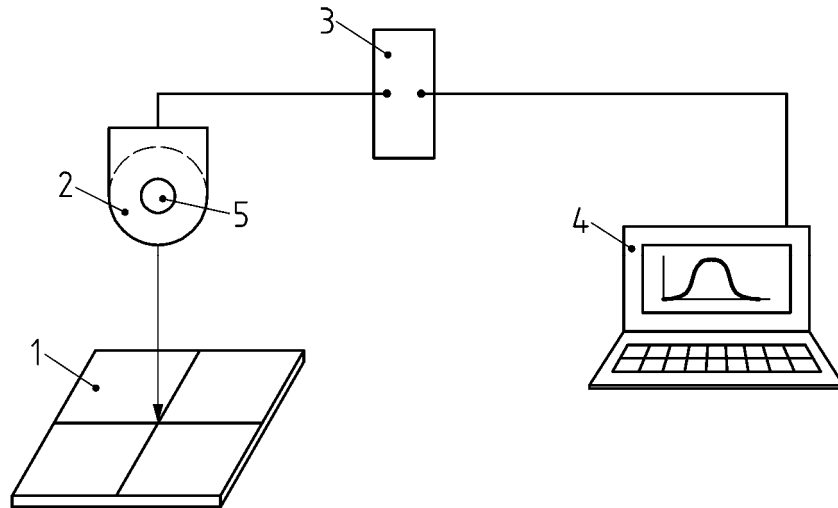
“Este ensayo se efectuó *in situ* con las condiciones locales y climáticas particulares del día del ensayo. Por lo tanto, los resultados no se deben considerar tan reproducibles como los que se pueden conseguir en un laboratorio de ensayo”.

En el informe debe figurar la siguiente información:

- a) el número y la fecha de esta norma europea, esto es, EN 1177:2008;
- b) la ubicación del lugar (por ejemplo, la dirección postal) y, si procede, el sustrato sobre el que se ha ensayado el revestimiento;
- c) una descripción del producto sometido a ensayo, y si procede, una referencia para su identificación;
- d) para los materiales granulosos, una fotografía del material sometido a ensayo, con una indicación de la escala;
- e) el espesor de la capa para los materiales granulosos;
- f) la identificación y localización de cada posición de ensayo;
- g) el estado del revestimiento en el momento del ensayo, incluyendo la temperatura y la humedad, el tiempo de uso del producto (si se conoce) y cualquier otro factor que se considera pueda haber influido en el resultado, por ejemplo, el grado de humedad (en el caso de los materiales granulosos);
- h) los resultados de cada ensayo de caída con indicación de todas las alturas de caída utilizadas y los índices HIC correspondientes a cada una de ellas;
- i) la altura de caída crítica para el revestimiento ensayado, expresada en metros, redondeada con un decimal; (por ejemplo, 1,59 m se redondea como 1,5 m);
- j) la curva que muestre los índices HIC en función de la altura de caída a partir de la cual se ha determinado la altura de caída crítica del revestimiento para cada lugar de ensayo; y
- k) la curva tiempo/aceleración de un impacto con un HIC igual o superior a 1 000, o, para los valores HIC máximos por debajo de 1 000, el valor más alto medido.

ANEXO A (Informativo)

DISPOSITIVO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ALTURA DE CAÍDA CRÍTICA

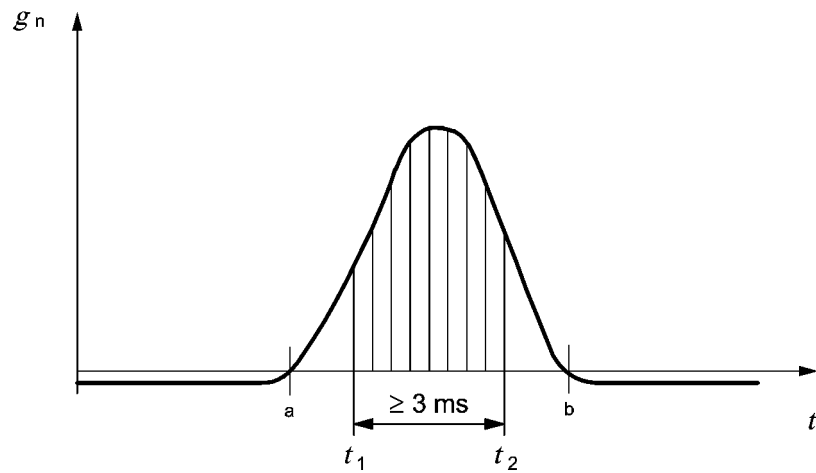


Leyenda

- 1 probeta de ensayo
- 2 cabeza-maniquí
- 3 amplificador de carga (opcional)
- 4 ordenador
- 5 acelerómetro

Figura A.1 – Dispositivo de ensayo para determinar la altura de caída crítica

ANEXO B (Informativo)

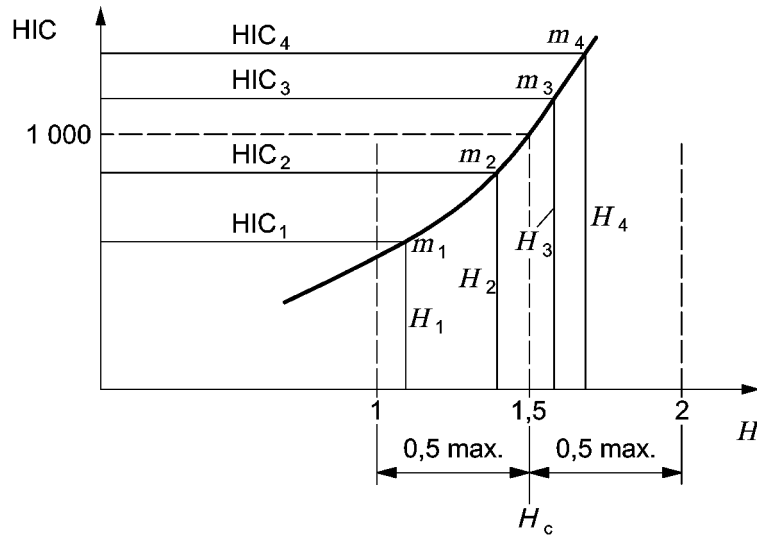
EJEMPLOS TÍPICOS DE TRAZADO DE ACELERACIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO
Y CURVA DE ÍNDICES HIC EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE CAÍDA

Leyenda

g_n	aceleración
t	tiempo
a	t_{inicio}
b	t_{final}

Figura B.1 – Ejemplo típico de trazado de aceleración en función del tiempo

Medidas en metros



Leyenda

- m mediciones de impacto
- H altura de caída
- H_c altura de caída crítica

Figura B.2 – Curva típica de los índices HIC en función de la altura de caída

Prueba de Composición

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032