

ENSAYOS DE RESISTENCIA AL RESBALAMIENTO - ZONAS DE INCERTIDUMBRE

R. Bowman

Intertile Research Pty Ltd, Australia

slipbusters@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo considera los desarrollos recientes y potenciales que hay en la actualidad en el desarrollo de las normas internacionales sobre la resistencia al resbalamiento. Identifica algunas limitaciones del ensayo de la rampa para pies descalzos en húmedo, para que se realicen cambios, si se va a usar de forma más extendida. También identifica algunas limitaciones de la nueva Especificación Europea Públicamente Disponible SlipSTD, como la falta de tener en cuenta adecuadamente el deterioro de la resistencia al resbalamiento de las baldosas a medida que se vayan desgastando inevitablemente.

1. INTRODUCCIÓN

La ausencia de normas internacionales para la resistencia al resbalamiento de las baldosas cerámicas ha sido una fuente continua de frustración. Los arquitectos quieren simplemente ser capaces de especificar baldosas que sean resistentes al resbalamiento: saben que los propietarios de edificios quieren baldosas que mantengan su estética y se puedan mantener con facilidad y sin una limpieza excesiva.

La especificación de productos resistentes al resbalamiento ha resultado ser más sencilla en Alemania, gracias a una orientación explícita y detallada de la normativa BGR 181 de la asociación de seguros de responsabilidad de los empleadores (Octubre de 2003), que requieren que las zonas de trabajo tengan recubrimientos de suelo con una clasificación de resbalamiento específica (R9 a R13). Existen requisitos y directrices similares para los recubrimientos de suelo (clase A a C) en zonas húmedas de andar descalzo (normativa GUV-I 8527, de julio de 1999). No obstante, los ensayos de la resistencia al resbalamiento correspondientes, de superficie mojada con aceite y con pies descalzos en húmedo, DIN 51130:2004 y DIN 51097:1992, usan una rampa inclinada y sólo pueden llevarse a cabo en un laboratorio. La ausencia de las tablas de calibración necesarias ha llevado a un monopolio de ensayos, y no hay procedimientos establecidos para determinar la resistencia al resbalamiento futura y probable de baldosas desgastadas.

La resistencia al resbalamiento se logra, generalmente, a través de la rugosidad superficial de la baldosa, o por medio de un perfil con relieve. Sin embargo, la resistencia al resbalamiento es también, en gran medida, función del calzado llevado y de cualquier contaminante que se interponga entre la baldosa y el pie. Al igual que hay distintos tipos de calzado que son más apropiados para ciertos tipos de contaminantes, existen algunos tipos de ensayos de resistencia al resbalamiento que resultan ser más relevantes para situaciones específicas.

El ensayo de la rampa, DIN 51097, para pies descalzos en húmedo resulta adecuado, obviamente, para situaciones de andar descalzo en presencia de humedad. El ensayo de la rampa de superficie mojada con aceite, DIN 51130, en el que los caminantes llevan calzado de seguridad con un fuerte perfil, y en el que se usa aceite de motor, es más adecuado para situaciones industriales o comerciales en las que los empleadores pueden controlar el calzado llevado. Para condiciones en las que el agua es el contaminante más probable, donde existe un control mínimo del calzado y menos control sobre el comportamiento del público, se requieren otros ensayos distintos.

Existe una necesidad particular de ensayos que puedan llevarse a cabo *in situ*, en los que sea necesario confirmar que la baldosa que ha sido instalada presente la resistencia requerida o declarada, como parte de un programa de auditoría regular para verificar que aún se facilita la tracción suficiente, o para investigar un presunto accidente. El espectro de la resistencia al resbalamiento alterada es tan real

como el envejecimiento humano: es mucho más perceptible y trascendental en unos casos que en otros. Ésta es la esencia del dilema de la especificación: ¿Cómo nos podemos asegurar que la baldosa tendrá una resistencia al resbalamiento satisfactoria durante toda su vida de uso planeada?

Este trabajo presenta un repaso de algunos desarrollos a nivel mundial recientes e intermedios que pueden dar como resultado unas nuevas normas o una Especificación Técnica, la solución provisoria de compromiso cuando los comités no son capaces de desarrollar normas unificadas.

2. REVISIÓN

En Qualicer 2000, Bowman preguntó “¿Adónde vamos ahora con las normas de resistencia al deslizamiento?” [1], y revisó algunos de los requisitos de tipo legislativo que estaban y están (o deberían estar) impulsando normas sobre la resistencia al resbalamiento. Esto se situaba en el contexto en que la norma australiana AS/NZS 4586:1999, *Clasificación de la Resistencia al Resbalamiento de Nuevos Materiales de Superficies Peatonales*, había adoptado tres nuevos métodos de ensayo en húmedo (el péndulo, la rampa para pies descalzos en húmedo DIN 51097, y la rampa de superficie mojada con aceite DIN 51130) y el dispositivo de ensayo (Tortus) de fricción del suelo (FFT) para los ensayos en seco. Además, el Manual de las Normas Australianas 197:1999 complementario, *Una guía introductoria a la resistencia al resbalamiento de materiales de superficies peatonales*, proporcionaba una orientación sobre las especificaciones de resistencia al resbalamiento (basándose, en gran medida, en la normativa alemana). Singapur adoptó los mismos métodos de ensayo y alguna orientación limitada en SS 485:2001. De forma similar, Israel adoptó también estos métodos de ensayos en IS 2279:2009.

En Qualicer 2002, Bowman [2] consideraba las opciones para el desarrollo de futuras normas de resistencia al resbalamiento, con una referencia en particular hacia la adopción dentro de los códigos obligatorios para la construcción y una legislación de carácter obligatorio en materia de salud y seguridad en el trabajo. También observó que la Directiva Europea de Productos de la Construcción (CPD) 89/106/EEC requiere que los productos tengan una resistencia al resbalamiento adecuada al final de un “ciclo de vida operativa razonable desde el punto de vista económico”.

En 2002, la publicación de BS 7976, *Equipos de ensayo del péndulo*, facilitaba una especificación para el péndulo, un método detallado de operación y formas de calibración, independientes del tipo de superficie a ensayar. El péndulo ya había sido adoptado para el ensayo de algunos tipos de superficie, y desde entonces se ha ido adoptando más en Europa. Sin embargo, el fallo de no indicar una superficie específica para la preparación del caucho CEN con dureza moderada (cuando se ensaya con piedra natural según la EN 14231:2003) ha permitido resultados mejores que cuando se usó la película de lapeado BS 7976 o un papel abrasivo P400

[3]. La EN 14231 también permite el uso de una deslizadera estrecha de 31.8 mm sobre una trayectoria con una longitud de 76 mm, cuando la muestra es demasiado pequeña para llevar a cabo el ensayo convencional.

Una de las dificultades de las normas tipo AS/NZS 4586, que incorporan métodos de ensayo múltiples o variaciones dentro de un método, es que un producto podría recibir clasificaciones múltiples, algunas de las cuales van a dar a veces una orientación aparentemente conflictiva.

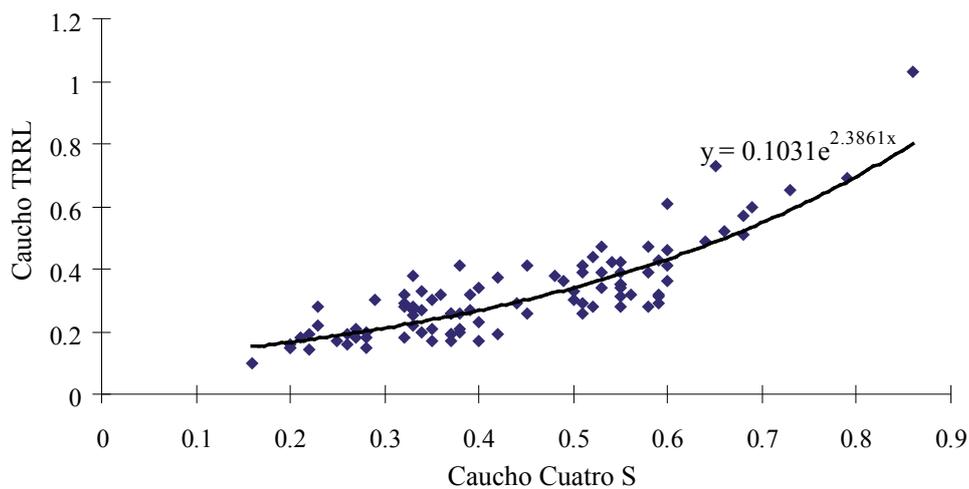


Figura 1. Comparación de los resultados del péndulo para 95 baldosas cuando éstas fueron sometidas a ensayo según AS/NZS 4586, con el caucho Cuatro S y TRRL (expresado en coeficientes de fricción).

La selección del caucho en el péndulo (u otros dispositivos de resistencia al resbalamiento) influirá en los resultados, tal y como muestra la figura 1, en la que los productos podrían ser clasificados pronto de acuerdo con la tabla 1. La incorporación de la clasificación mínima PO asegura que todos los productos pueden ser clasificados. La ausencia de una clasificación mínima de rampa ha llevado en ocasiones al supuesto falso de que un producto sin una clasificación no ha sido sometido a ensayo.

Posible nueva clasificación	Intervalo BPN, Caucho Cuatro S	Clasificación existente	Intervalo BPN, caucho TRL	Clasificación existente
P0	< 12	Parte de Z	< 12	-
P1	12 – 24	Parte de Z	12 – 19	-
P2	25 – 34	Y	20 – 34	-
P3	35 – 44	X	35 – 39	-
P4	45 – 54	W	40 – 44	W
P5	>54	V	>44	V

Tabla 1. Posibles nuevas clasificaciones de péndulo para la AS/NZS 4586:2010.

Los productos ensayados con el caucho TRL de dureza moderada recibirán a menudo una clasificación más baja que aquellos ensayados con un caucho Cuatro S de mayor dureza. Un resultado de A 35 BPN equivale a un coeficiente de fricción 0.36 que a menudo se considera que represente un riesgo de resbalamiento de uno en un millón [4]. El Grupo de Resistencia al Resbalamiento del Reino Unido [5] también usa 35 BPN como el punto de corte entre el potencial de resbalamiento moderado y el bajo.

La figura 2 muestra el efecto de la preparación de la deslizadera. Los resultados que quedan por debajo de la línea o zona de resultados equivalentes indican que el uso de un papel abrasivo P400 puede sobreestimar la resistencia al resbalamiento en húmedo de superficies lisas. AS/NZS 4586 adoptará el uso de la película de lapeado BS 7976 para la preparación de la deslizadera de caucho cuando se ensaye con superficies lisas (con una rugosidad Rz inferior a 20 micras). Esto dará como resultado varios productos que reciben una clasificación más baja, con una mayor parte de productos clase Y quedando dentro de clase P1, y con muchos productos de clase X en P2 o P1.

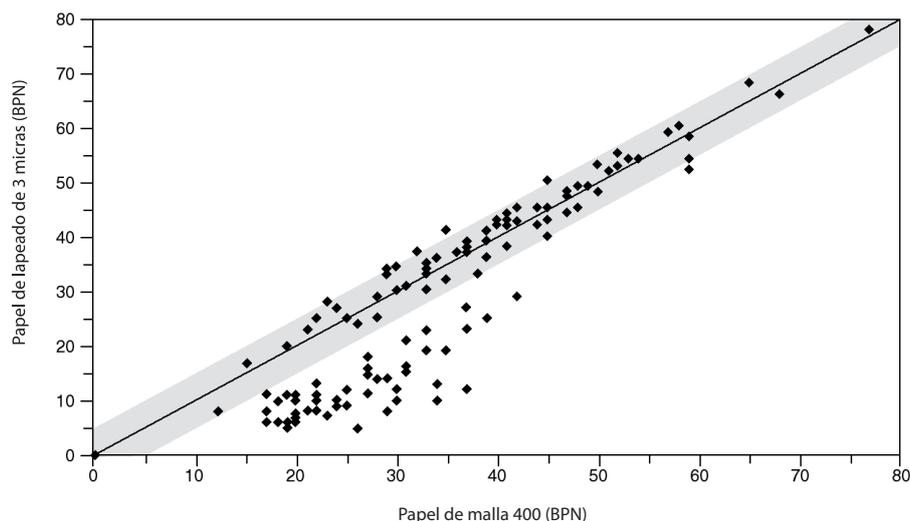


Figura 2. Los resultados obtenidos para algunas baldosas y piedras, cuando el caucho Cuatro S fue preparado con papel abrasivo P400 o con una película de lapeado de 3 micras.

La Figura 3 muestra que hay una escasa correlación entre las clasificaciones existentes AS/NZS 4586. Se puede observar que los productos de clase R10 varían desde la clase V a la Z, y los productos de clase X desde R9 a R12. Silva et al. [6] también verificaron que había una escasa correlación entre los ensayos de la rampa de superficie mojada con aceite y los del péndulo con el caucho CEN.

Cuando la AS/NZS 4586 adopta la preparación de la película de lapeado, muchos de los productos de la clase X, Y y Z de la figura 3 se desplazarán a la izquierda, de forma que la nueva clase P3 (antigua X) podría no contener ningún producto de la clase R9, pero la clase R10 contendría todavía productos de la clase P1 a la P5.

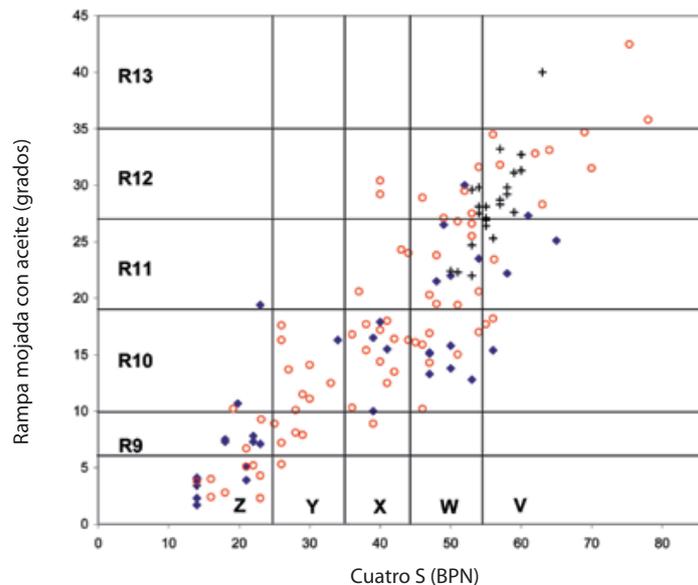


Figura 3. Una comparación entre los resultados de la resistencia al resbalamiento de la rampa mojada con aceite y del péndulo en húmedo para algunas baldosas esmaltadas (◆), porcelánicas (○) y de terracota (+), donde se preparó la zapata de caucho Cuatro S con papel P400.

Una consecuencia del uso de la preparación con la película de lapeado es que aumenta el intervalo de resistencia al resbalamiento en el extremo menos resistente del intervalo del producto, por lo que existe una mejor discriminación entre los productos potencialmente resbaladizos. El manual HB 197 está siendo rescrito para dar directrices que permitan que los productos reclasificados se usen de forma más adecuada. Los productos de la clase P1 podrían ser usados dentro de **zonas secas** (zonas donde las mediciones de un control apropiado aseguren que una zona permanezca limpia y seca durante el uso). Los productos de la clase P0 no deberían de usarse en zonas comerciales secas, como los pasillos de los supermercados.

Los productos de la clase P2 podrían usarse en **zonas de transición** {aquellas que se pretende mantener secas, como por ejemplo mediante características de diseño (toldos, sumideros, esteras, esclusas, etc.) apropiadas para la ubicación física, clima, y exposición general al agua; y mantenidas en condiciones secas y limpias por parte de un administrador dentro de las instalaciones}.

Los productos de la clase P3 podrían usarse en **zonas húmedas** (zonas que no están definidas como secas o de transición, que pueden estar húmedas de forma continua o bien intermitente, o que sean contaminadas de cualquier otra forma). Los productos de clase P4 o P5 serían más adecuados en muchas situaciones exteriores, comerciales e industriales, y en particular las localizaciones donde tiendan a darse situaciones intensivas, o donde estén presentes contaminantes viscosos, de forma que se requiera una mejora en la resistencia al resbalamiento.

3. UNA VERDAD ABRASIVA

En Qualicer 2004, Bowman [7] afirmó que “La necesidad de predecir la resistencia al resbalamiento de productos desgastados será un impulsor de primer orden. La necesidad de evaluaciones precisas sobre la tracción disponible será otra influencia importante. Un objetivo asociado con la investigación será el desarrollo de procesos en los que las baldosas tengan niveles aceptables de resistencia al resbalamiento cuando salen del horno. Esto puede conseguirse por medio de un paquete adecuado de sistemas de medición optoelectrónica y un software inteligente, pero, en última instancia, va a depender de la capacidad para distinguir entre la tracción adecuada proporcionada por texturas de superficie íntimamente relacionadas. Esta capacidad va a llevar a la mejora del diseño de superficies resistentes al resbalamiento que sean fáciles de limpiar”.

Bowman et al. [8] habían estado usando el ensayo de abrasión de superficie ISO 10545-7 para preparar zonas desgastadas sobre baldosas con la finalidad de evaluar cómo podría cambiar su resistencia al resbalamiento con el uso y a lo largo del tiempo. La resistencia al resbalamiento ha sido evaluada usando un aparato en laboratorio SATRA STM 603¹ ya que puede realizar mediciones sobre la pequeña superficie desgastada (80mm de diámetro). El procedimiento de desgaste acelerado que ha desarrollado Strautins usando un equipo de ensayo de desgaste y limpiabilidad de movimiento lineal [9] da una zona con un tamaño suficiente para el ensayo del péndulo.

Strautins ha comprobado que la resistencia al resbalamiento tiende a caer rápidamente durante los 100 primeros ciclos de abrasión, de forma que todos los productos deberían de ser expuestos al menos a este nivel de abrasión si van a usarse en localizaciones en las que se ha probado hay un tráfico escaso. Mientras que la resistencia al resbalamiento de productos resistentes al resbalamiento puede que continúe decreciendo lentamente, la cantidad de resistencia al resbalamiento perdida en los 1000 primeros ciclos de abrasión será mucho mayor que cualquier pérdida posterior. Por tanto, esto hace que los 1000 ciclos de abrasión constituyan un requisito sensato para la evaluación de la resistencia probable al resbalamiento de productos que podrían ser usados en situaciones con un tráfico elevado. En algunas situaciones industriales, podría ser sensato a llevar a cabo el procedimiento de abrasión usando un lubricante distinto al agua para determinar si puede haber un efecto químico sinérgico debido a la naturaleza de la contaminación esperada. Es también sensato considerar los ensayos de resistencia al resbalamiento con los contaminantes esperados, cuando se los conoce.

La nota de diseño de comportamiento de la resistencia al resbalamiento de Natspec (Australiano) actual [10] dice “Han surgido informes de ejemplos de baldosas que habiendo sido seleccionadas por tener una clasificación de contribución nocional mínima para el riesgo a resbalamiento, en un período corto de tiempo, se han deteriorado hasta tal punto que fueron clasificadas nuevamente como que

1. URL: <http://www.satrap.co.uk>.

contribuían potencial y notoriamente al riesgo de resbalamiento. El ensayo de desgaste acelerado, que ya está disponible, puede proporcionar un indicador de utilidad sobre la reducción potencial de la resistencia al resbalamiento en el tiempo. Este proceso incluye someter la muestra de pavimento a un número de ciclos de desgaste en combinación con el ensayo del péndulo en húmedo. El número de ciclos de ensayo puede variar dependiendo de la organización que lleve a cabo el ensayo. Debido a que las superficies peatonales reaccionan de forma distinta a varios mecanismos de desgaste y condiciones de exposición, no hay ningún método de ensayo de desgaste acelerado que, en si, pueda aplicarse a todos los materiales y situaciones, de un modo fiable”.

Aunque no hay procedimiento de ensayo estandarizado oficial alguno, se aconseja a los arquitectos que vayan más allá del borrador de norma AS/NZS 4586 para demostrar la debida diligencia. En tales circunstancias, deberían de intentar confirmar que la resistencia al resbalamiento será de al menos 35 BPN para superficies horizontales, y proporcionalmente mayor para las superficies inclinadas. Aunque el borrador de norma toma precauciones para determinar la resistencia al resbalamiento tras cualquier procedimiento de ensayo de desgaste acelerado, aún así requiere el mismo procedimiento de clasificación. Considerando que la orientación del manual HB 197 existente está basada en saber que la resistencia al resbalamiento de los productos va a disminuir con el uso, la revisión de 2010 de HB 197 tendrá que aportar más consejos para productos que han sido sometidos a un procedimiento de ensayo de desgaste acelerado.

Aunque el trabajo de Strautins ha demostrado que los resultados del péndulo cambiarán rápidamente tras la abrasión suave con almohadillas abrasivas, casi siempre ha habido un cambio mínimo, si acaso discernible, en la rugosidad de la superficie Rz de las muestras mismas. La pérdida de resistencia al resbalamiento observada puede deberse al cambio en la rugosidad de la superficie, pero la rugosidad Rz es tan sólo uno de los varios parámetros de rugosidad. El Ejecutivo de Salud y Seguridad Británico [11] parece haber evidenciado una fiabilidad excesiva en la capacidad de las mediciones de rugosidad Rz a la hora de llevar a cabo auditorias de seguridad relativas a la resistencia al resbalamiento.

Chang [12] identificó la altura máxima sobre la línea promedio en cada longitud de corte (R_{pm}), la media aritmética de la inclinación de la superficie (D_a), y la profundidad de la rugosidad nuclear (R_k), como los tres tipos de características microscópicas de superficie preferidos para una fricción mayor. Chang concluyó que, aunque la rugosidad de la superficie era sin duda importante a la hora de determinar el resbalamiento, aún así no había información suficiente para establecer un criterio basado en las mediciones de la rugosidad de la superficie. Chang et al. [13] también averiguaron que los parámetros de superficie D_a , R_{pm} , R_k , R_{3z} y R_a tenían una correlación mayor con la fricción de transición que otros parámetros.

4. DESARROLLOS EUROPEOS

La Directiva Europea de Productos de Construcción (CPD) 89/106/EEC requiere productos que tengan un grado de resistencia al resbalamiento adecuado al final de un "ciclo de vida económicamente razonable". Y, aunque este requisito debería, como es lógico, impulsar la investigación de resistencia al resbalamiento, este trabajo aún no se ha hecho muy evidente.

En Europa, la prCEN/TS 15673:2007, *La determinación de la resistencia al resbalamiento de superficies peatonales* – método de evaluación, un borrador de especificación técnica, incluía los ensayos del péndulo en seco y en húmedo, un ensayo de la rampa de pies descalzos en húmedo y un ensayo de la rampa de superficie mojada con aceite. Se entiende que la especificación técnica final podría incluir otros aparatos como el GMG 100 y el SlipAlert.

Se entiende que la especificación técnica europea puede adoptar una versión modificada del **ensayo de la rampa de pies descalzos en húmedo** alemán donde:

1. Las baldosas para las tres tablas de calibración normalizadas se definen en términos de intervalos de microrrugosidad superficial Rz. Un criterio de estas características, por si mismo, no parece poder garantizar uniformidad en las tablas de calibración.
2. El tema del desgaste a largo plazo de las tablas de calibración no parece haber sido considerado.
3. No hay requisito alguno para la formación de los caminantes, pero estos han de capacitarse para caminar sobre las tablas de calibración al inicio de cada día.
4. Allí donde las tablas de ensayo tienen un valor cercano a la tabla de calibración, no habrá un requisito para una comparación directa entre la tabla de ensayo y la de calibración.
5. El tipo de agente humectante neutral no se especifica, aunque el lauril sulfato de sodio es un químico sin marca registrada que se usa con frecuencia.
6. El requisito para dejar de usar el fluido de ensayo una hora luego de su preparación ha sido eliminado.
7. No hay control de la temperatura o de la viscosidad del fluido de ensayo.
8. No hay control para recirculación del fluido de ensayo, para que una pequeña cantidad de agua (y agente humectante) se pueda mezclar y luego hacer recircular de forma continuada durante todo el ensayo, que podría durar todo el día.
9. No hay requisito de juntas de colocación en las tablas revestidas de ensayo, o margen para las juntas de colocación, aunque las nuevas tablas de

calibración deben de ser revestidas con las baldosas colocadas a tope sin juntas de colocación.

10. No hay requisito de que las baldosas del ensayo estén fijadas a una tabla, pero la superficie de ensayo ha de ser autoportante. No hay definición de autoportante, pero probablemente debería de haber habido una declaración mediante la cual se requiera que la superficie de ensayo finalizada proporcione una superficie peatonal dimensionalmente estable que permanezca firme y fija (sin movimiento alguno de las muestras en relación unas con las otras) durante el procedimiento de ensayo. Las baldosas pueden ser autoportantes, pero las baldosas que no están fijadas pueden desplazarse cuando se pasea sobre ellas si no son lo suficientemente planas, grandes y capaces de trabarse entre sí.
11. Los caminantes han de mantener un ritmo adecuado; según un metrónomo, sería 144 pasos por minuto. Sin embargo, más allá del requisito de que los caminantes sean capaces de dar resultados adecuados sobre las tablas de verificación al inicio de cada día, no se dan más directrices sobre la selección de estos últimos, su formación, o sobre una posible cualificación obligatoria de conformidad más amplia.
12. Las clasificaciones tradicionales A, B, C serán remplazadas por nuevas clasificaciones de zona de pies descalzos B1, B2, B3 (con una equivalencia aproximada).
13. Los productos que tengan un ángulo de aceptación medio corregido inferior a 12 grados no recibirán la clasificación de zona de pies descalzos.

La experiencia pasada [14] sugiere que los resultados problemáticos han podido deberse a:

1. Contaminación progresiva por recirculación de agua durante el ensayo.
2. Un cambio en la temperatura del agua durante el curso del ensayo.
3. Que se excedió el tiempo permitido de uso para el fluido del ensayo.
4. Que los caminantes 'aprendan' la resistencia al resbalamiento de las tablas de calibración, y de esta forma puedan verse condicionados a lograr los resultados requeridos.
5. Un entrenamiento encubierto de los caminantes durante el ensayo de las tablas de calibración.
6. Instalación de baldosas sueltas que han cambiado su posición entre ellas de forma relativa y a medida que iba discurriendo el ensayo. Realmente, ha habido un problema con baldosas más finas y pequeñas y con baldosas que no tienen una superficie posterior completamente plana.
7. La presencia o ausencia de junta de colocación (y de material de rejuntado en la cara de baldosas adyacentes a las juntas de colocación).

8. Uso de un sellante de silicona en las juntas de colocación.
9. Desgaste o contaminación de las tablas de calibración – no hay requisitos para su limpieza, ni orientación alguna sobre cómo deben de mantenerse.
10. Llevar a cabo caminatas ‘repetidas’ sobre las tablas de calibración al inicio del ensayo, de modo que exista un largo intervalo entre el ensayo de las tablas de calibración y las de ensayo ya que, durante este tiempo, pueden haber cambiado las condiciones del ensayo, o puede que los caminantes se hayan cansado o se les hayan irritado los pies. Estas caminatas ‘repetidas’ son requeridas por la DIN 51097 en donde las tablas de ensayo están cerca de las tablas de calibración, pero no hay ningún requisito específico sobre sus tiempos.

Algunas tablas con relieve o abrasivas pueden resultar dolorosas cuando se camina sobre ellas. A pesar de que las personas que realizan el ensayo condicionan sus pies en el agua y los mantienen húmedos a lo largo de toda la fase de ensayo, el estado de sus pies puede cambiar a lo largo de sesiones largas (y en particular cuando el ensayo se lleva a cabo de forma infrecuente debido a una política de reservas de las muestras, para maximizar los beneficios financieros aumentando la proporción de tiempo que se invierte caminando sobre las tablas de ensayo, a diferencia que con las tablas de calibración). Cualquier eliminación de la piel durante la caminata da como resultado un cambio en las condiciones físicas. Un período obligatorio de 10 minutos con los pies a remojo condiciona los pies de los caminantes a la exposición al agua antes de las caminatas, pero los pies no están sujetos a un proceso de abrasión controlada. Cualquier fatiga en el caminante supone otra variable más.

El método de ensayo DIN 51097 no tiene un requisito que implique que los caminantes den resultados sobre las tablas de calibración dentro de unos límites definidos. Esto parecía más sensato en el sentido de que, al contrario que el calzado, sus pies descalzos no pueden ser estandarizados en términos de perfil y dureza. Sus pies están ‘condicionados’ por el hecho de ser remojados en agua durante al menos 10 minutos antes del ensayo, pero la condición de sus pies puede cambiar en el curso de los ensayos cuando se camina sobre superficies abrasivas. Sus pies pueden, además, hacerse muy sensibles si caminan sobre algunos tipos de superficies con relieves fuertes. Sin embargo, no hay cláusula de molestia alguna que requiera que los caminantes se detengan cuando el paseo causa dolor. Aunque sería difícil escribir una cláusula de estas características, los caminantes pueden sentirse, aun así, presionados por completar el ensayo. Debido a que pocos peatones desean pasear sobre superficies que causen daño, resultaría sensato incluir una cláusula que requiera que los caminantes informen sobre superficies sobre las que resulta doloroso caminar.

La selección de caminantes adecuados no es tarea sencilla, ya que puede no haber muchos candidatos para lo que es, esencialmente, una actividad a tiempo

parcial. Ricotti et al. [15] comparó la resistencia al resbalamiento de muchos recubrimientos de suelo comercial y averiguó que el ensayo de la rampa puede diferenciar materiales. Sin embargo, debido a que producía diferentes resultados en función de la persona en cuestión, su grado de repetibilidad podría ser seriamente puesto en duda.

Ricotti et al. [15] representó gráficamente los resultados para cuatro personas de ensayo, y para 24 de los 36 materiales. No publicaron ningún resultado para las tablas de calibración A, B y C, y no se ha establecido si se usaron o no (pero no han estado disponibles comercialmente durante varios años). En la mayoría de las muestras, el valor medio para al menos uno de los caminantes se desvió más de 2 grados con respecto a la media. Sin embargo, y debido a que fue posible encontrar varias muestras en las que estos cuatro caminantes estuvieron dentro de dos grados con respecto a la media, podemos suponer que éstas podrían haber sido tablas de calibración que verificaron que los caminantes eran competentes para las caminatas. En otra muestra de ensayo, la diferencia máxima entre las personas de ensayo con las medias mayores y menores, fue un valor medio de 13 grados en que los resultados promedio para los cuatro caminantes fue de aproximadamente 19.5, 10.6, 7.2 y 6.5 grados, con una media de muestra de 11.2 grados. Si abandonáramos la comparación directa con las tablas de calibración, y dos cualquiera de los 4 caminantes 'verificados' de arriba fueran seleccionados, el resultado medio para la tabla variaría de 7 a 15 grados, suponiendo que todos ellos lograron los mismos resultados promedio cuando repitieron sus caminatas. Los resultados de Ricotti et al. pueden usarse para demostrar que los caminantes pueden tener resultados distintos en cuanto a la resistencia de pies descalzos en húmedo de forma distinta en las tablas.

Los caminantes que se clasifican con facilidad para caminar sobre las tablas de calibración de superficie mojada con aceite se han desviado a menudo de los valores nominales para una o más de las tablas de calibración de pies descalzos en húmedo [observación personal]. Esto puede tener relación con la condición o sensibilidad de sus pies, más que con su capacidad para caminar de una forma en concreto.

Hay que considerar que los productos que obtienen resultados de 17.4 y 17.6 grados podrían clasificarse como de clase B1 y B2 respectivamente, aunque no es probable que haya una diferencia significativa en su resistencia al resbalamiento con pies descalzos en húmedo. En cambio, debería de haber una diferencia significativa en el comportamiento entre los productos B1 y B2 que de resultados de 11.6 y 23.4 grados respectivamente. Debería de ser obligatorio informar sobre el ángulo de aceptación medio en la bibliografía especializada del producto para que los prescriptores puedan tomar decisiones mejor informadas. Bajo la DIN 51097, sigue siendo posible clasificar un producto con una media de 26 grados como de clase B (más que de clase C) si los caminantes han evaluado la tabla de calibración C a 27 grados.

El procedimiento de la rampa de superficie mojada con aceite, DIN 51130, usa los resultados de las tablas de calibración para 'corregir' los resultados para las tablas de ensayo. He iniciado un proyecto para corregir de forma similar los resultados de DIN 51097. Los resultados brutos para unos pocos cientos de productos que habían sido ensayados para pies descalzos en húmedo durante varios años fueron introducidos en una base de datos, junto con los resultados asociados para las tablas de calibración DIN 51097. Esto llevó a corregir algunos resultados en un par de grados, pero no llevó a cambio alguno en la clasificación. No resulta sorprendente en el sentido de que las tablas de ensayo habían sido comparadas directamente con las de calibración. En los casos en los que había habido resultados anómalos que entraban en conflicto, relativos a la tabla de calibración, mi política fue usar varios caminantes. Las actividades de investigación asociadas también habían llevado a recorridos múltiples sobre varias muestras. Los análisis preliminares de estos datos de múltiples caminatas volvían a apoyar el uso del procedimiento probado de corrección para determinar la clasificación de productos y para asignar un ángulo corregido significativo. Por desgracia, los archivos de la base de datos electrónica y todo el material asociado que había sido impreso para este procedimiento de corrección fueron destruidos maliciosamente antes de que el trabajo pudiera redactarse para una evaluación por los revisores correspondientes de las revistas y publicarse. Sin embargo, varios laboratorios internacionales podrían aportar datos similares para análisis por un estudiante.

Cuando se usa el péndulo, el paso final consiste siempre en analizar si el ajuste a cero es correcto. Cuando los caminantes prueban varios conjuntos de baldosas en un día determinado, se les pedirá, como es lógico, que demuestren que aún están dentro de dos grados con respecto al valor calibrado conocido para cada una de las tablas de calibración. Sin embargo, si no están dentro del intervalo de aceptabilidad, esto lleva a un problema a la hora de determinar cuál de los resultados del día ha sido válido, si hay alguno (con las implicaciones financieras que esto conlleva). Puede evitarse esta situación cuando el método de ensayo permite realizar una comparación directa con una tabla de calibración. Sin embargo, esto requeriría el uso de tablas de calibración (verificación) que den resultados de 12, 18 y 24 grados.

Dada la falta de disponibilidad de las tablas de calibración para pies descalzos en húmedo en los últimos diez años, uno debe preguntarse por qué motivo no han sido capaces los alemanes de encontrar tablas de calibración (verificación) de reemplazo que den resultados de 12, 18, y 24 grados. Debido a que los resultados se redondean al grado más próximo, esto no parece en si una tarea demasiado ardua.

Tanto el ensayo de rampa para pies descalzos en húmedo, como el de rampa de superficie mojada con aceite tienen requisitos para una zona de superficie mínima de 100 cm x 50 cm, aunque las tablas de calibración suministradas hayan usado baldosas de 150 x 150 mm, es decir algo más pequeñas. El uso de una

rampa más ancha en la que dos tablas de 40 cm de ancho podrían colocarse, una junto a otra, permitiría una comparación directa de las tablas sin que las tablas sean demasiado estrechas y que esto impida además caminar cómodamente sobre ellas. Una tabla de ensayo de 120 x 40 cm permitiría pasear sobre más baldosas durante un ensayo que la tabla de 100 x 50 cm. Es la baldosa menos resistente al resbalamiento entre las de la tabla de ensayo la que debe determinar la resistencia al resbalamiento de la muestra, mientras que en los otros ensayos, la resistencia al resbalamiento es, por regla general, la media de la muestra. Las baldosas usadas en las tablas de calibración han de ser muy consistentes en cuanto a su resistencia al resbalamiento de baldosa a baldosa, así como a lo largo del tiempo (si se da contaminación o desgaste en la tabla).

Se entiende que la especificación técnica europea puede adoptar una versión modificada del **ensayo de la rampa de superficie mojada con aceite** alemán, donde:

1. Se usarán las tablas de calibración/verificación DIN 51130 existentes, aunque no haya tablas disponibles comercialmente, para que el ensayo se restrinja a laboratorios que tengan tablas, hasta que se identifiquen y estén disponibles nuevas tablas.
2. Se usará nuevo calzado. Los zapatos Uvex Athletic 9452/9 reemplazarán a los Lupos Picasso (que a su vez habían reemplazado a las botas Bottrop en 2004).
3. No se da ninguna orientación en cuanto a si los zapatos deberían de ser reemplazados debido al desgaste de las suelas, pero, al contrario que en la DIN 51130, la suela será sometida a una abrasión exhaustiva con una lijadora orbital equipada con papel abrasivo de carburo de silicio P400 "antes de usarla". No queda claro si se hace esto sólo cuando los zapatos son nuevos, antes de la verificación de ensayo diaria, o tal vez cuando las suelas parecen haber sido afectadas por los ensayos en una superficie abrasiva en particular para que la suela tenga un acabado consistente, incluso reproducible sobre toda la superficie.
4. Habrá una nueva serie de clasificaciones de grupo de zona de trabajos W1 a W5, que corresponda a la existente R9 a R13, pero no habrá ninguna clasificación W0 que indique que se ha encontrado un producto que tenga un valor de aceptación media global inferior a 6 grados.
5. Será necesario determinar la dirección de la resistencia al resbalamiento más baja ensayando el recubrimiento de suelo, si la resistencia al resbalamiento difiere en función de la dirección de la caminata. A pesar de que esto podría lograrse de forma más sensata usando otro tipo de ensayo como el del péndulo, este requisito sólo tiene relación, en principio, con el ensayo de baldosas en dos o tres direcciones ortogonales y tal vez en dirección diagonal.

Al considerar la necesidad de remplazar el calzado normalizado Bottrop, Bowman et al. [16] verificaron que las botas Lupos Picasso daban resultados de en torno a 0.3 grados superiores que las botas Bottrop. Esto estaba lo suficientemente próximo para justificar su adopción en el año 2004, a pesar de la diferencia en los patrones de la suela. No conozco los resultados de ningún estudio que haya sido llevado a cabo con la finalidad de justificar el uso de los zapatos Uvex, aunque cualquier cambio en la producción con respecto al calzado puede llegar a requerir que se encuentre un zapato de reemplazo.

Sebald [17] consideró la incertidumbre de la medición de calzados de la misma gama de productos, y averiguó que había una alta incertidumbre de la medición asociada con el ensayo de resistencia al resbalamiento EN 13287 para el calzado. Sebald usó un zapato Lupos Picasso de la DIN 51130 de 2003 y 2004 DIN 51130 en su estudio y obtuvo resultados algo superiores para el calzado del año 2004. Sebald recomendó el reemplazo de la baldosa cerámica y de los materiales de referencia de la ISO 13287 en los que el desgaste de los materiales de referencia causado por la realización de los ensayos contribuía, probablemente, a la incertidumbre de las mediciones del ensayo.

Bowman et al. [16] también averiguaron que había una ligera diferencia entre el uso de los zapatos Bottrop y Lupos nuevos y usados.

Manning et al. [18] verificaron que la rugosidad microscópica de la superficie de la suela del calzado es una determinante importante de la resistencia al resbalamiento de las superficies lubricadas, de modo que casi todo el agarre en suelos atípicamente lisos se debía a la rugosidad de la superficie del material de la suela. Es bien posible que los resultados de algunos ensayos de rampa de superficie mojada con aceite realizados en el pasado hayan estado influidos por la naturaleza del desgaste de la suela inducido por las muestras de ensayo previas.

Sebald, [17] en su tesis "Concepto orientado al sistema para el ensayo y evaluación de la resistencia al resbalamiento de calzado de seguridad, protección y trabajo", estudió la resistencia al resbalamiento de 54 tipos de calzado de seguridad usando el nuevo método mecánico de calzado ISO 13287 y el ya suplantado ensayo de la rampa DIN 4843-100. El estudio incluyó a su vez 8 tipos de calibración y recubrimientos de suelo de referencia, así como otros 12 recubrimientos de suelo, donde se realizaron las mediciones usando el ensayo de la rampa DIN 51130, el equipo de ensayo del péndulo, GMG 100, BOT 3000 y FSC2000, aunque no se usaron todos los instrumentos para todos los ensayos. La Tabla 2 presenta una comparativa entre los resultados de Sebald para la rampa de superficie mojada con aceite y los datos del fabricante. La Tabla 2 considera algunos de los resultados obtenidos por Sebald. Sebald no explicó por qué cinco de los nueve productos tenían una clasificación que difería de la establecida por el fabricante. Sebald apuntaba a que el ensayo de la rampa de superficie mojada con aceite considera la nueva condición del suelo usando una bota que tiene una resistencia al resbalamiento de grado medio, y que la conversión a situaciones reales en zonas

de trabajo puede llevar a desviaciones importantes. Se bald concluía que “Debido a los distintos parámetros de los distintos métodos para la medición de la fricción, existe poco margen para la transferencia entre métodos”.

Recubrimiento	Datos del fabricante		Resultado del estudio		Diferencia en grados	Aspecto superficial
	Grados	Clase	Grados	Calsificación		
F09	6.5	R9	5.0	None	-1.5	Lisa
F10	7.9	R9	2.4	None	-5.5	Lisa
F11	11.7	R10	10.3	R10	-1.4	Lisa?
F12	22.7	R11	27.4	R12	+4.7	Con textura?
F13	25.8	R11V4	22.2	R11	-3.6	Con relieve
F14	30.8	R12	28.5	R12	-2.3	Con textura?
F15	30.0	R12V4	25.2	R11	-4.8	Con relieve
F16	36.7	R13V10	32.8	R12	-3.9	Con relieve
F17	> 40.0	R13V10	36.5	R13	≤ -3.6	Estructurada

Tabla 2. Comparación de los resultados DIN 51130 de baldosas sometidas a ensayo en el estudio de Sebald.

Se entiende que la especificación técnica europea final puede adoptar una versión modificada del **ensayo del péndulo** BS 7976 para las mediciones de resistencia al resbalamiento en seco y en húmedo donde:

1. El ensayo puede ser llevado a cabo bien con caucho Cuatro S (también conocida como deslizadera 96) o el relativamente nuevo caucho CEN (también conocida como deslizadera 59), que se usa en EN 14231 y que se especificó en UNE ENV 12633:2003, *Método para la determinación de valores de resistencia al resbalamiento/derrape pulidos y no pulidos*.
2. El límite máximo permitido de desgaste de las deslizaderas de ensayo se reducirá a 3.0 mm para el caucho Cuatro S y 2.5 mm para el CEN .
3. Puede haber el requisito de que se lleve a cabo el ensayo en el laboratorio a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, aunque para muchos de ellos se establece $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa.
4. Las muestras han de ser sometidas a ensayo tal y como vienen de fábrica (no pulidas) o tras un régimen de pulido. El ensayo de desgaste acelerado de Strautins [9] podría, en principio, considerarse como un ‘régimen de pulido’ aunque quitará brillo de la superficie de la porcelana pulida y de algunas baldosas esmaltadas.
5. Hay un requisito para el ensayo de pequeñas unidades, de tal forma que es necesario formar muestras ligando unidades tras la rectificación, primero, de cada lado adherente, dejándolo plano. Este requisito, en principio, no

se aplica a baldosas tipo mosaico, en las que se sabe que la resistencia al resbalamiento será aportada por el relieve de las rejuntas de colocación.

6. El ensayo ha de determinar si las propiedades de resbalamiento del recubrimiento de suelo son isotrópicas, en cuyo caso puede ser necesario llevar a cabo distintos ensayos en ángulos distintos sobre recubrimiento de suelo con relieve.
7. Se deben de hacer un mínimo de tres ensayos. Estos deberán de ser medidos a una distancia de no más de 400 mm para poder obtener el valor principal para una localización. El número de nuevas muestras que necesitan ser sometidas a ensayo no es aparente. Sin embargo, un 'ensayo' podría consistir en mediciones en zonas adyacentes de una muestra única en una de tres direcciones (dos ortogonales a 90° entre sí y una diagonal) o una medición simple realizada en al menos tres muestras.
8. El número de posiciones de ensayo para una zona en particular del recubrimiento de suelo depende del tamaño de la zona y del grado de variabilidad sobre dicha zona durante el ensayo. Las localizaciones del ensayo pueden bien ser elegidas al azar bien localizaciones específicas del lugar, basándose en formas de tráfico, y prácticas de limpieza para que puedan indicar fácilmente el intervalo completo de variabilidad. El informe debería de establecer qué método de muestreo se ha adoptado.
9. Cuando sea conveniente, el informe debería definir la localización del sitio, y debería de haber un dibujo que mostrara las posiciones del (los) ensayo(s).
10. No hay requisito alguno que obligue a informar de un grupo de evaluación de resistencia al resbalamiento del péndulo, ni directriz para el desarrollo de tales clasificaciones, o de la interpretación de los resultados.
11. Hay un procedimiento de verificación diario sobre el vidrio flotante y la película de lapeado, se apunta la necesidad de materiales de referencia estables en la zona de resistencia al resbalamiento baja/media y en la media/alta. La AS/NZS 4586 recomienda llevar a cabo programas de aseguramiento internos de laboratorio usando muestras de control estables que presenten un intervalo de rugosidad superficial y sean típicas de los materiales que usa el aparato para la medición. Parece sensato que tales muestras fueran desgastadas de forma apropiada para que no se de más desgaste en el ensayo.
12. No hay requisito específico para informar sobre la inclinación de las mediciones *in situ*, ni directriz alguna sobre cómo interpretar los resultados del ensayo obtenidos en superficies inclinadas.

Debido a que el ensayo del péndulo está basado en un principio de pérdida de energía, y a que no se pierde energía cuando la deslizadera no está en contacto

con la superficie del ensayo, el requisito de encontrar la resistencia al resbalamiento mínima sobre una superficie con relieve es en gran medida una cuestión de minimizar la cantidad de contacto mientras se mantiene la deslizadera en contacto continuo con la superficie de ensayo, para que la deslizadera no se balancee sobre espacios huecos entre los relieves (o las juntas entre las baldosas) antes de realizar un nuevo contacto violento.

Sin embargo, ¿Cómo se puede medir materiales difíciles, como los cantos de las huellas de escalera? Éstas pueden tener cantos romos, de forma que la resistencia al resbalamiento de este canto romo puede resultar tener una importancia crítica. Si el mismo acabado se extiende sobre la cara de la baldosa, estas superficies planas podrían ser cortadas y unidas para el ensayo. Se podría hacer algo similar cuando los cantos con relieve integrados son cortados y unidos, aunque tengan ranuras huecas con un espaciado regular o un perfil elevado y un espaciado irregular. Sin embargo, y debido a que el tráfico en las escaleras es sobre todo perpendicular al canto, ¿debería estar el informe basado principalmente en esta dirección única en el flujo normal de tráfico? Cuando los cantos contienen una cinta abrasiva en una extrusión de aluminio, ¿se mide el producto compuesto o se ha de medir sólo el material abrasivo? Parece haber muchos laboratorios de ensayo que tienen mucho interés por llevar a cabo este ensayo, y sólo unas cuantas están realmente preparadas para dar una interpretación definitiva de la resistencia al resbalamiento que el producto va a darnos.

La figura 4 y la tabla 3 proporcionan los resultados de ensayo de algunos indicadores de aviso táctiles de superficie de suelo (TGSIs). El Comité de Normas Australiano BD-094 consideró que el resultado sobre 6 altos de bóveda daba la mejor indicación de la 'verdadera' resistencia al resbalamiento de la unidad. Algunos TGSIs son particularmente difíciles de ensayar usando el caucho Cuatro S, ya que los resultados pueden variar bastante. El daño de impacto severo (incisiones) que ocurre sobre la superficie inapropiada de las deslizaderas de caucho durante estos ensayos de resistencia al resbalamiento indica que la naturaleza discontinua de la superficie causa una interacción mecánica que no sucede cuando se ensayan otras superficies.

No obstante, ¿Cuál sería la configuración más adecuada de la figura 5 para ensayar los TGSIs direccionales? Ensayar a lo largo de una longitud de 76 mm de una costilla única, similar a la orientación 3, con una deslizadera estrecha (31.8 mm) y usando la escala de mediciones F parece una opción sensata, ya que va a facilitar la mejor indicación del contacto entre la superficie superior del TGSi y del sucedáneo de calzado. Esto parece el propósito del ensayo, más que el hecho de buscar una configuración que de un resultado mínimo. Sin embargo, ni el borrador de especificación técnica europeo, ni la AS/NZS 4586 permite el uso de la deslizadera estrecha.

Orientación TGSÍ	BPN	
	Cuatro S	TRRL
6 altos de bóveda	56	48
4 altos de bóveda	50	35
3 altos de bóveda	49	44
2 altos de bóveda	42	32
4 bóvedas (diagonal)	77	65

Tabla 3. Resumen de los resultados del ensayo para un indicador táctil de superficie de suelo de advertencia.

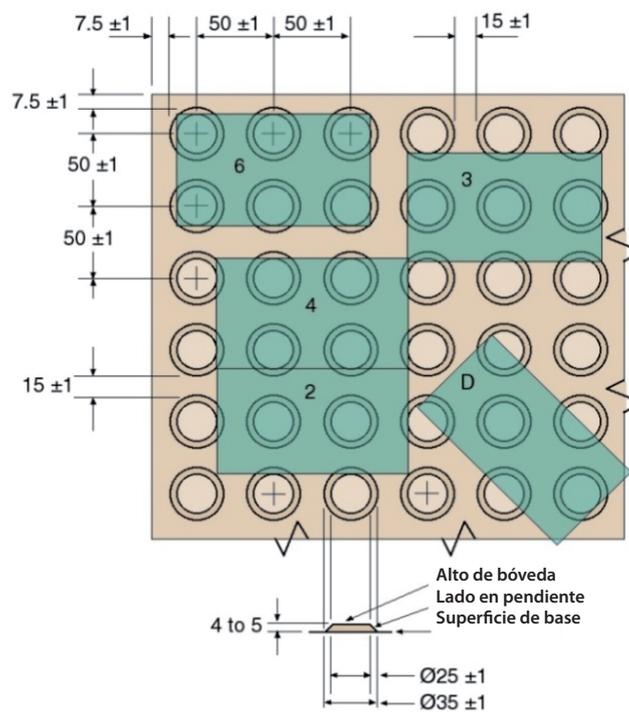


Figura 4.

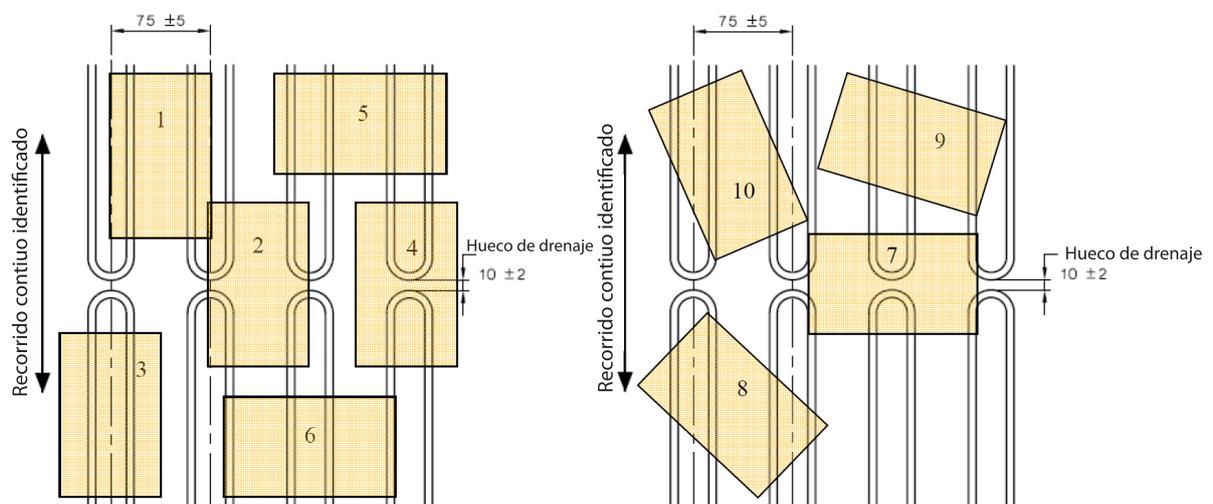


Figura 5. Algunos escenarios de localización de ensayo posibles para TGSÍs direccionales con un ancho de 25 mm.

Las mediciones de TGSIs diferenciados, como los puntos y tiras individuales, son incluso más complejas, debido a una falta de planeidad. Algunas unidades pueden ser ligeramente mayores o menores que otras, y algunas pueden estar en ángulo. Esto cambiará el tipo de contacto y la zona de contacto efectiva entre la deslizadera de caucho del péndulo y la superficie portante de los TGSIs. Puede cambiar el resultado del péndulo, pero no la resistencia al resbalamiento fundamental.

Todos los usuarios de la especificación técnica europea propuesta se beneficiarían si hubiera más directrices sobre el número mínimo recomendado de muestras de ensayo para una caracterización adecuada de nuevos productos y suelos ya existentes. Aunque es más fácil que un tamaño de muestra mayor nos indique cualquier variedad dentro de un lote, incluso aunque haya una variación significativa dentro de las muestras individuales, la cuestión que hay que resolver es si tiene mucho valor someter a ensayo baldosas salidas de fábrica, si esto nos da unas indicaciones pobres de su resistencia al resbalamiento en uso.

La ausencia de los valores de evaluación del grupo del péndulo es satisfactoria desde una perspectiva australiana, ya que no queremos una segunda clasificación europea que podría entrar en conflicto con las clasificaciones propuestas P0 a P5 (dadas las clasificaciones francesas UPEC P2, P3, P4, etc., de comportamiento para la resistencia a la carga rodada y de indentación para los recubrimientos de suelo).

Los países individuales deberían de poder establecer algún tipo de requisito de resistencia al resbalamiento obligatorio, aún en el supuesto de que tengan que elegir su propio tratamiento de desgaste acelerado para asegurar la seguridad de uso. Algunos fabricantes españoles son capaces de llevar a cabo ensayos de desgaste acelerado de Strautins [9], y se entiende que esto ha sido útil para ayudar a desarrollar productos para proyectos específicos.

El Código Técnico de la Edificación Español ha establecido cuatro clases de resistencia al resbalamiento sobre el uso de caucho UNE ENV 12633:2003 y CEN de acuerdo con la tabla 1.1 del Documento Básico, SU, Seguridad en el Uso, (marzo de 2006). Esto se resume en la siguiente tabla 4; no obstante, es sólo cuestión de tiempo hasta que estos códigos nacionales sean substituidos por un 'Eurocódigo'.

Resistencia al resbalamiento	Clase	Ejemplares de uso del código Técnico de la Edificación Español
$R_d \leq 15$	0	(Zonas no reguladas de residencias privadas)
$15 < R_d \leq 35$	1	Zonas secas de interior con un gradiente inferior al 6%
$35 < R_d \leq 45$	2	Zonas húmedas internas: entradas externas, baños, cocinas.
$R_d > 45$	3	Zonas externas; garajes; cocinas comerciales; piscinas

Tabla 4. Requisitos de resistencia al resbalamiento del Código Técnico de la Edificación Español.

Las Directrices del Grupo de Resistencia al Resbalamiento del Reino Unido [5] están basadas en el trabajo de Harper, Warlow y Clarke [19]. Este amplio estudio sugiere que para los peatones sin carga, y razonablemente activos, con edades comprendidas entre los 18 y los 60, un resultado de 36 BPN o más representa un riesgo aceptablemente bajo de resbalamiento cuando se pasea en línea recta sobre una superficie nivelada. Un resultado de entre 25 y 35 se ve como un potencial moderado de resbalamiento, y resultados de 24 BPN o menos, un potencial de resbalamiento alto. Estas directrices se aplican tanto a cauchos Cuatro S como TRL, aunque el uso de ambos sobre una única superficie podría dar directrices diferentes, como resulta evidente por la dispersión de resultados de la figura 1.

La BS 4592.0: 2006 requiere un resultado mínimo de Cuatro S de 39 BPN para pavimento industrial resistente al resbalamiento y un mínimo resultado de Cuatro S de 55 BPN para pavimento industrial resistente al resbalamiento mejorada (para zonas de actividad intensa). BS EN 7533-12:2006 recomienda valores mínimos de 40 y 45 BPN respectivamente para piezas de pavimento **pulidas** y sujetas a uso peatonal y rodado. Debido a que el ensayo de pulido acelerado simula el desgaste que se puede dar en el uso, el resultado ofrece una indicación de la futura resistencia al resbalamiento probable. Sin embargo, el que el ensayo de pulido de referencia, o de abrasión de Strautins, nos de una mejor indicación del desgaste, sólo podrá averiguarse una vez se lleven a cabo los estudios necesarios.

5. EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COLECTIVO EUROPEO SLIPSTD

El consorcio SlipSTD ha publicado una especificación públicamente disponible SlipSTD (SlipSTD PAS) [20], en la cual el Anexo B constituye un estudio preliminar sobre las características de la superficie para recubrimientos de suelo duros susceptibles de ser contaminados. Esta especificación públicamente disponible tiene mucho mérito, ya que propone clasificar los recubrimientos de suelo duros basándose en la presencia de contaminantes en el ambiente y en el uso.

El consorcio SlipSTD reconoce que los distintos métodos de resistencia al resbalamiento producen resultados que "apenas son comparables y que tienen una relación pobre con las macro y micro características de la superficie de recubrimiento". El proyecto usa un enfoque distinto para evaluar el potencial de resbalamiento de los recubrimientos de suelo duros: está midiendo algunas características de la superficie e intentando establecer qué características de la superficie se correlacionan mejor con los resultados de resistencia al resbalamiento determinados por algunos métodos de ensayo establecidos (el péndulo, la rampa de pies descalzos en húmedo, la rampa de superficie mojada con aceite, y el equipo de fricción del suelo {Tortus} BCRA). Debido a la escasa correlación existente entre los resultados de resistencia al resbalamiento y la existencia de numerosos parámetros bidimensionales y tridimensionales de superficie definidos, ésta es en

si misma una búsqueda extremadamente ambiciosa. Chang [12, 13, et al.] es uno de varios investigadores que ha encontrado una correlación entre los parámetros de rugosidad de la superficie y una medición particular de la resistencia al resbalamiento. No obstante, aquellos parámetros que mejor se correlacionan con la resistencia al resbalamiento de algunos productos apenas se correlacionan con otros. Intentar simplificar los innumerables hechos observables y convertir los complejos fenómenos multifactoriales en códigos de práctica sensatos es un emprendimiento extremadamente ambicioso.

A pesar de la aparente falta de pruebas de apoyo, y del reconocimiento de que la simple medición de un único parámetro de rugosidad en si misma no puede caracterizar por completo una superficie dada en relación a su potencial de resbalamiento, el consorcio SlipSTD ha recomendado adoptar la medición de Rz con aparatos bidimensionales como un parámetro rutinario (de mantenimiento) para controlar los cambios durante el uso de recubrimientos de suelo duros. La rugosidad Rz de superficie puede medirse rápida y sencillamente, y esto permite que las personas que no disponen de un aparato de resistencia al resbalamiento portátil reconocido, como puede ser el péndulo, lo use.

SlipSTD PAS afirma que "El desgaste y la abrasión degradan todas las superficies de recubrimiento para suelo en un período de tiempo dado. El índice de degradación depende del uso y del medio de instalación. En la actualidad no hay ningún método normalizado o método oficialmente reconocido que simule el desgaste por resbalamiento y pueda predecir el ciclo de vida de uso para las características técnicas de la superficie de recubrimientos para suelo, incluyendo la resistencia al resbalamiento. Por consiguiente, pasa a ser responsabilidad del responsable establecer un plan de control para vigilar las condiciones del recubrimiento del suelo para determinar la aceptabilidad de su resistencia al resbalamiento. El plan de control debería de tener en cuenta el medio ambiente, las condiciones de trabajo, y cualquier otra información derivada de una experiencia previa relativa al uso de la superficie de recubrimiento en cuestión". No aconsejaría a un responsable que se fiara de las mediciones Rz de rugosidad superficial para determinar la aceptabilidad de la resistencia al resbalamiento.

A pesar de reconocer la importancia crítica de la degradación de la resistencia al resbalamiento, el consorcio parece haberse centrado únicamente en la medición de las baldosas salidas de fábrica. Hay una necesidad crucial de tener en cuenta posibles cambios de resistencia al resbalamiento de baldosas y de las tablas de calibración.

El consorcio SlipSTD ha definido tres grupos de superficies peatonales de acuerdo con las características de superficie detectables por medio de inspección visual o táctil y las mediciones de parámetros de superficie tridimensionales primarios Pp y Pk, la rugosidad nuclear. Este parámetro describe básicamente la superficie de funcionamiento a largo plazo, cuando el uso ha desgastado la superficie superior. Los parámetros basados en el reconocimiento de que el desgaste se va a

dar tienen en si mismos un atractivo inherente.

No obstante, mientras que las mediciones 3D de superficies pueden hacerse en laboratorios de investigación con escaso equipamiento, dentro de la industria cerámica no se suelen realizar. Las mediciones de suelos existentes requieren, por regla general, bien la retirada de la muestra, o realización de réplicas con moldes. Los grupos propuestos pueden tener baldosas que muestren características anómalas de resistencia al resbalamiento:

Grupo 1. Superficies lisas con $P_k < 50 \mu\text{m}$. Las superficies peatonales dentro de este grupo tienden a ser resbaladizas cuando se contaminan.

Grupo 2. Superficies sin relieve, esencialmente superficies planas con un toque arenoso con $50 \mu\text{m} < P_k < 100 \mu\text{m}$ y $90 \mu\text{m} < P_p < 200 \mu\text{m}$.

Grupo 3. Superficies con relieve, con textura o estructuradas con $P_k > 100 \mu\text{m}$ y $P_p > 200 \mu\text{m}$.

El consorcio SlipSTD ha definido tres clases de recubrimientos para suelo duro que ayudan a identificar los controles disponibles, incluyendo la selección de recubrimientos de suelo apropiados, pero no restringe ni realiza imposiciones sobre el tipo de diseño o la selección:

Clase 1: Recubrimientos de suelo duro para zonas peatonales interiores que están previsiblemente limpias y secas y se mantienen como tal de forma rutinaria.

Clase 2A: Recubrimientos de suelo duro para zonas peatonales interiores previsiblemente contaminadas con agua y/o contaminantes secos.

Clase 2B: Recubrimientos de suelo duro para zonas peatonales interiores que previsiblemente pueden ser contaminadas con otros contaminantes líquidos con una viscosidad superior al agua, como pueden ser el aceite y la grasa.

Bowman y Bohlken [21] plantearon la posibilidad de un control del proceso automatizado en tiempo real de resistencia al resbalamiento, al combinar un paquete adecuado de sistemas de medición optoelectrónicos y un software inteligente. Esto podría lograrse usando datos sin filtrar más que parámetros derivados, en los que se establece la magnitud de cualquier desviación de las características de superficie aceptables o deseables para productos específicos individuales. El sistema debería de estar basado en una diferenciación entre los perfiles de muestras aceptables y no aceptables.

De una forma simple, las propiedades de resistencia al resbalamiento se pueden lograr a través de la rugosidad de la superficie de la baldosa, o por medio de un perfilado de tipo relieve, o bien combinando ambos. Teniendo en cuenta la amplia gama de productos resistentes al resbalamiento, podría ser más fácil diseñar soluciones a medida para los productos individuales que intentar encontrar

una solución (o unas pocas) que valgan para todos. Las mediciones sofisticadas de rugosidad de la superficie 3D pueden ser útiles para propósitos relacionados con el control de calidad del proceso, pero las mediciones de resistencia al resbalamiento pueden resultar necesarias para confirmar la resistencia al resbalamiento de productos salidos de fábrica, la resistencia al resbalamiento probable de productos desgastados, auditorias de relevancia y la investigación de accidentes supuestos.

Bowman sugirió [22] que, debido a que el proyecto colectivo de investigación europeo SlipSTD estaba intentando conocer la relación entre las características de la superficie de las baldosas y la resistencia al resbalamiento, este debería determinar qué cambios se dan en la superficie durante el ensayo de desgaste de Strautins, promoviendo de esta forma una comprensión mejor de los temas de resistencia al resbalamiento para los fabricantes de baldosas, y permitirles mejorar las características de la superficie de las baldosas. También deberían de realizarse estudios de similares características en baldosas que hayan sido expuestas al tráfico de peatones y a ciclos de mantenimiento rutinarios.

6. CONCLUSIONES

Los arquitectos saben que algunos materiales para suelos tienen menor duración que otros, y que la resistencia al resbalamiento puede cambiar a lo largo del uso. Los abogados han argumentado que los arquitectos no tienen por qué ser expertos en la resistencia al resbalamiento: no deberían de tener que realizar análisis de datos de productos registrados para poder determinar si un producto es resistente al resbalamiento tal y como parecería inicialmente. Si cabe esperar que la resistencia al resbalamiento fuera a deteriorarse significativamente con el paso del tiempo como una función del desgaste predecible normal, el fabricante (o una norma que el mismo fabricante pueda usar) debería dejárselo claro al arquitecto de forma específica.

Una firma legal australiana ha declarado que nunca se pondrá a disposición del público ninguna superficie para el suelo en las mismas condiciones en las que se ha ensayado originalmente. Esto no significa que no se puedan especificar los suelos de forma sensata cuando hay una expectación de la resistencia al resbalamiento a lo largo de la vida de diseño prevista.

Hay una creciente presión para publicar una norma australiana para un procedimiento condicionante de desgaste acelerado: resulta de suma importancia que se seleccionen los productos en base a su probable comportamiento en el uso, más que en función de la ilusión que han suscitado los resultados obtenidos sobre productos salidos de fábrica. Esta norma va a reflejar probablemente el trabajo de Strautins [9].

Varias experiencias con las mediciones de rugosidad superficial sugieren que el planteamiento actual del proyecto de investigación colectivo europeo SlipSTD

sobre el uso de algunas características de superficie y topográficas para la especificación de recubrimientos duros para suelos es optimista. Los ensayos de resistencia al resbalamiento proporcionan una medición real, y se pueden escoger los ensayos más adecuados para ayudar en la especificación de baldosas en localizaciones particulares. Sin embargo, el uso de mediciones topográficas ópticas podría ampliarse de forma productiva a estudios sobre cómo va cambiando la superficie de las baldosas con el uso, permitiendo de esta forma la ingeniería de superficies de baldosa que ofrezca una resistencia al resbalamiento adecuada y sostenible.

El proceso de normalización en el que las decisiones deben de ser transparentes es continuo. A pesar de que los anteproyectos se revisan constantemente, y se mejoran de forma incremental, en términos generales aún es posible realizar una mayor optimización, aún cuando nos vemos obligados a adoptar posiciones temporales hasta que haya más datos disponibles.

Puede que, a nivel europeo, se presuponga que el anteproyecto en evolución sobre la especificación técnica CEN/TC 339 llegue a convertirse al final en una Especificación Técnica ISO. Mientras que los intereses australianos apoyarían, probablemente, una propuesta de estas características, hay otros aspectos que el Comité debería de tener en cuenta. ¿Se han cumplido las expectativas fundamentales de todas las partes interesadas? ¿Podrán los arquitectos especificar productos con la confianza de que van a ser suficientemente resistentes al resbalamiento a lo largo de toda su vida de diseño sin que sea necesario un régimen de mantenimiento excesivo? Los tribunales necesitan medidas fiables de resistencia al resbalamiento más que la medición de los parámetros de la superficie que podría ser imposible de interpretar de forma sensata y definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bowman, R., "Where to next with slip resistance standards?", (2000) VI Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento, Castellón, España, Tomo. 3, GII 131-146.
- [2] Bowman, R., "The future of the ceramic tile sector in the XXI century – Standards", (2002), VII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento, Castellón, España, Tomo 3, R.T. 25-41
- [3] Bowman, R., Strautins, C., and Do, M.D., "Beware of conflicting stone slip resistance reports", *Discovering Stone*, Marzo 2005, p. 26.
- [4] Pye, P.W., "A Brief Review of the Historical Contribution Made by BRE to Slip Research," *Slipping – Towards Safer Flooring*, Paper 7, Seminario celebrado en Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shrewsbury, Inglaterra, 29 de septiembre de 1994.
- [5] UK Slip Resistance Group, *The assessment of floor slip resistance. The UK Slip Resistance Group Guidelines*, Issue 3, 2005. URL: www.ukslipresistance.org.uk

- [6] Silva, G., Muñoz, A., Monterde, B., and Quereda, F., "Comparative analysis of slip resistance requirements in trafficked public premises", (2006), IX Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento, Castellón, España, Pos 35-38.
- [7] Bowman, R., Discrete progress in the development of an international slip resistance standard, (2004), VIII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento, Castellón, España, PGII 141-161.
- [8] Bowman, R., Strautins, C., Westgate, P., and Quick, G., 'Implications for the development of slip-resistance standards arising from rank comparisons of friction-test results obtained using different walkway-safety tribometers under various conditions' Metrology of Pedestrian Locomotion and Slip Resistance, STP 1424, 2002, M. Marpet and M.A. Sapienza, Eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp 112-136.
- [9] Strautins, C., Sustainable slip resistance: An opportunity for innovation, (2008) X Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento, Castellón, España, Tomo 3, P.BC 381.
- [10] Natspec, "Slip resistance performance", NTN DES 001, Natspec, Julio de 2009, URL: www.natspec.com.au
- [11] HSE, Assessing the slip resistance of flooring – a technical information sheet, 2007, Health and Safety Executive, <http://www.hse.gov.uk/pubns/web/slips01.pdf>
- [12] Chang, W.R., Preferred surface microscopic geometric features on floors as potential interventions for slip and fall accidents on liquid contaminated surfaces, Journal of Safety Research 35 (2004) 71– 79.
- [13] Chang, W.R., Hirvonen, M., and Gronqvist, R., The effects of cut-off length on surface roughness parameters and their correlation with transition friction, Safety Science 42 (2004) 755– 769.
- [14] Bowman, R., "Ramping up the Slip Debate" (2007), URL: http://www.infotile.com.au/pdf/Ramping_up.pdf
- [15] Ricotti, R., Delucchi, M., and Cerisola, G., "A comparison of results from portable and laboratory floor slipperiness testers", Int. J. Industrial Ergonomics, 39 (2009) 353.
- [16] Bowman, R., Strautins, C., Do, M.D., Devenish, D., and Quick, G., (2004), "Comparison of footwear for the oil wet ramp slip resistance test". Contemporary Ergonomics 2004, CRC press, pp 33-37.
- [17] Sebald, J., System oriented concept for testing and assessment of the slip resistance of safety, protective and occupational footwear, 2009, Pro Business, Berlín.
- [18] Manning, D.P., Jones, C., Rowland, F.J., and Roff, M., The Surface Roughness of a Rubber Soling Material Determines the Coefficient of Friction on Water-Lubricated Surfaces, Journal of Safety Research, Vol. 29, No. 4, pp. 275–283, 1998
- [19] Harper, F.C., Warlow, W.J., and Clarke, B.L., "The Forces Applied to the Floor by the Foot in Walking," National Building Studies Research Paper 32, DSIR Building Research Station, 1961.

- [20] Tari, G., with contributions by Brassington, K., Tenaglia, A. Thorpe, S., and Engels, M., "SlipSTD Publicly Available Specification (SlipSTD PAS)", Versión 6, revisada, Julio de 2009. URL: <http://www.slipstd.com/projects/slipstd/slipstd-pas.pdf>
- [21] Bowman, R. and Bohlken, S., "Determining appropriate slip resistance characteristics", Key Eng. Matls, 132-6, (1997) 2100.
- [22] Bowman, R., "Striving to Overcome Recurrent Challenges: QUALICER 1990 – 2008", (2008), X Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento, Castellón, España, P.D. 3-31