

GUÍA TÉCNICA DE LA PIEDRA NATURAL

REQUISITOS Y CONTROL DE RECEPCIÓN

Diciembre 2017

Antonio Molina Molina

**Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico
del Mármol, Piedra y Materiales**

GUÍA TÉCNICA DE LA PIEDRA NATURAL. REQUISITOS Y CONTROL DE RECEPCIÓN
© CLUSTER DE LA PIEDRA NATURAL.
DEPÓSITO LEGAL: MU 9-2018.
e-book v.1.0

Edita: Clúster de la Piedra Natural.

Autor: Antonio Molina Molina.
laboratorio@ctmamol.es

Coordinación técnica, maquetación y diseño: Asociación Empresarial de Investigación Centro
Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales.
Carretera de Murcia, s/n – 30430 – Cehegín (Murcia).
Telf.: 968 741 500
info@ctmarmol.es
www.ctmarmol.es

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información o sistema de reproducción, sin permiso previo y por escrito de su autor o del titular del Copyright.

ÍNDICE

1. Introducción	3
1.1. Objeto y ámbito de aplicación	3
1.2. Marco legal	4
2. Especificaciones de producto	6
2.1. Aspecto o apariencia	6
2.1.1. Denominación.....	6
2.1.2. Acabado superficial.....	7
2.1.2.1. Huecos y masillado	8
2.1.3. Muestra de referencia	8
2.2. Características dimensionales	9
2.2.1. Tolerancias dimensionales.....	10
2.3. Resistencia a la flexión	13
2.3.1. Valor especificado de la resistencia a la flexión	15
2.3.1.1. Pavimentos	16
2.3.1.2. Revestimientos en fachadas ventiladas.....	18
2.3.2. Espesor mínimo de rotura	19
2.3.3. Carga estática límite y flecha máxima en pavimentos elevados registrables	22
2.4. Densidad aparente y porosidad abierta	23
2.4.1. Propiedades higrotérmicas.....	25
2.4.2. Propiedades acústicas	27
2.4.3. Porosidad abierta.....	28
2.5. Absorción de agua	29
2.5.1. Absorción de agua a presión atmosférica	29
2.5.1.1. Resistencia a las manchas.....	32
2.5.2. Absorción de agua por capilaridad	32
2.6. Resbaladidad	33
2.6.1. Exigencias de resbaladidad	34
2.6.2. Otros métodos de medida de la resbaladidad.....	36
2.7. Resistencia a la abrasión	41
2.8. Heladidad	44
2.8.1. Ensayo tecnológico	45
2.8.2. Ensayo de identificación	48
2.8.3. Resistencia a la heladidad en presencia de sales de descongelación.....	49
2.9. Resistencia al choque térmico	49
2.9.1. Sensibilidad a los cambios térmicos	51
2.10. Resistencia al impacto	52
2.11. Adherencia	54
2.11.1. Adherencia de baldosas con superficie resinada	55

2.12. Carga de rotura para anclajes	56
2.12.1. Anclajes de perno	56
2.12.2. Anclajes de riel.....	57
2.12.3. Acción del viento	58
2.12.4. Acción sísmica.....	59
2.12.5. Acción de impactos.....	61
2.12.6. Durabilidad de la carga de rotura para anclajes.....	61
2.13. Dilatación	61
2.13.1. Expansión térmica residual.....	63
2.14. Resistencia a las sales	63
2.14.1. Resistencia a la cristalización de sales	64
2.14.2. Resistencia a la niebla salina.....	65
2.15. Reacción al fuego	66
2.16. Tactilidad	68
2.16.1. Superficie táctil de botones	69
2.16.2. Superficie táctil de acanaladuras.....	70
3. Control de recepción	71
3.1. Control de la documentación	71
3.2. Control mediante ensayos	72
3.2.1. Control de aspecto o apariencia	73
3.2.2. Control de las características geométricas	73
3.2.3. Control de la resistencia a la flexión.....	74
3.2.4. Control de la resistencia al deslizamiento	75
3.2.4.1. Control en laboratorio	75
3.2.4.2. Control <i>in situ</i>	75
3.2.5. Control de la carga de rotura para anclajes.....	76
3.2.6. Control de la absorción de agua a presión atmosférica	77
3.2.7. Control de la heladicidad	77
3.2.8. Control de la resistencia a la abrasión.....	78
3.2.9. Control de la resistencia al impacto	78
3.2.10. Control de la adherencia	79
4. Bibliografía	80

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto y ámbito de aplicación

El objeto de esta Guía es proporcionar una síntesis interpretativa de normativa y legislación aplicable, para ser utilizada por el personal técnico involucrado en la construcción con productos de piedra natural, y que desempeñe sus tareas en el diseño del edificio, y en la selección y recepción de los materiales.

La Guía no se ha limitado a examinar la normativa y la legislación aplicables en España, sino que se ha enriquecido con recomendaciones y especificaciones tomadas de otros cuerpos normativos y de la literatura técnica. Incluye además análisis críticos de algunos textos de referencia, resaltando algunas carencias o indefiniciones para las cuales se ha intentado dar criterios de decisión.

Su ámbito de aplicación se refiere a todo tipo de 1) pavimentos para suelos y escaleras y 2) aplacados o revestimientos de paredes y muros, que estén realizados con baldosas o placas de piedra natural. Dichos productos se encuentran contemplados en las siguientes normas europeas armonizadas:

- UNE-EN 1341:2013. Baldosas de piedra natural para pavimentos exteriores. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1469:2015. Productos de piedra natural. Placas para revestimientos murales. Requisitos.
- UNE-EN 12057:2005. Productos de piedra natural. Plaquetas. Requisitos.
- UNE-EN 12057:2015. Productos de piedra natural. Plaquetas. Requisitos.
- UNE-EN 12058:2005. Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras. Requisitos.
- UNE-EN 12058:2015. Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras. Requisitos.

NOTA Las ediciones de 2015 de las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 se encuentran publicadas, pero no ha aparecido aún su período de coexistencia en el DOUE, debido a objeciones de la Comisión Europea, y por tanto las ediciones que continúan en vigor son las de 2005.

La norma UNE-EN 12058 comprende productos para pavimentos y escaleras de espesor > 12 mm, destinados a edificios, tanto para uso interior como exterior (cubiertas transitables, balcones, terrazas, etc.), mientras que la norma UNE-EN 1341 se refiere a los pavimentos de uso exterior en calzadas para tránsito peatonal o tráfico rodado. En los productos para pavimentos y escaleras, se consideran junto a los elementos horizontales (baldosas y peldaños) los elementos verticales asociados: rodapiés y zanquines.

La norma UNE-EN 1469 comprende los productos de espesor > 12 mm para revestimientos de paredes y muros (aplacados) colocados en el interior y en el exterior de los edificios (fachadas).

La norma UNE-EN 12057 comprende los productos para pavimentos y revestimientos de paredes, tanto interiores como exteriores, con formatos de espesor ≤ 12 mm similares a azulejos (plaquetas).

La Guía contempla los pavimentos o aplacados colocados con mortero o adhesivos, los aplacados colocados con anclajes mecánicos y los pavimentos técnicos o registrables colocados sobre soportes.

Esta Guía no contempla otros productos de piedra natural, como los adoquines y bordillos, encimeras de cocina y aparatos sanitarios, las tejas de pizarra para techar o las piezas de piedra natural para obras de fábrica de albañilería. Tampoco se consideran otros productos, tales como paneles prefabricados con revestimiento de piedra natural, placas compuestas por una lámina de piedra natural sobre un soporte de diferente naturaleza, o mosaicos de teselas de piedra montados sobre una malla, etc.

1.2. Marco legal

La Directiva 89/106/CEE, de 21 de diciembre de 1988, de productos de construcción, modificada por la Directiva 93/68/CEE, de 22 de julio de 1993, estableció los requisitos esenciales, los sistemas de evaluación de conformidad y el mercado CE para los productos de construcción. El desarrollo de esta directiva ha dado lugar a un extenso catálogo de normas europeas armonizadas en las que se establecen los requisitos específicos y los métodos de ensayo para cada familia de productos. La directiva europea 89/106 fue transpuesta a la legislación nacional mediante el Real Decreto 1630/1992 de 29 de diciembre, modificado por el Real Decreto 1328/1995 de 28 de julio.

Más recientemente la Directiva 89/106/CEE ha sido sustituida por el "Reglamento UE 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE".

La entrada en vigor en España de las normas europeas armonizadas se establece en la "Orden de 29 de noviembre de 2001 por la que se publican las referencias a las normas UNE que son transposición de normas armonizadas, así como el período de coexistencia y la entrada en vigor del mercado CE relativo a varias familias de productos de construcción". Esta orden se ha venido ampliando en sucesivas resoluciones ministeriales, conforme han ido siendo aprobadas nuevas normas europeas por el Comité Europeo de Normalización (CEN). Tras la edición de una norma europea armonizada (EN) se emite por AENOR la correspondiente versión traducida al español UNE-EN que conserva el mismo número. Estas normas son revisadas o ratificadas por el CEN cada 5 años.

Además de las cuatro normas citadas en el apdo. 1.1 de esta Guía, hay otras 4 normas europeas armonizadas relativas a productos de piedra natural:

- UNE-EN 771-6:2012+A1:2016. Especificación de piezas para fábrica de albañilería. Parte 6: Piezas de albañilería de piedra natural.
- UNE-EN 1342:2013. Adoquines de piedra natural para pavimentos exteriores. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1343:2013. Bordillos de piedra natural para pavimentos exteriores. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 12326-1:2015. Productos de pizarra y piedra natural para tejados y revestimientos discontinuos. Parte 1: Especificaciones de producto.

Se mantienen también en vigor las antiguas normas NTE publicadas por el Ministerio de Fomento, de carácter voluntario, las cuales se pueden considerar en gran parte obsoletas. Existen tres de estas normas aplicables a los productos de piedra natural:

- NTE RPC (1973). Revestimientos de paramentos. Chapados.
- NTE EFP (1979). Estructuras. Fábrica de piedra.
- NTE RSR (1984). Revestimientos de suelos y escaleras. Piezas rígidas.

Mucho más recientemente se han publicado un conjunto de normas nacionales UNE sobre construcción con piedra natural, también con carácter voluntario, que contienen requisitos para la selección de los materiales, el diseño, la colocación y el control de recepción en obra:

- UNE 22202-1:2011. Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 1: Baldosas para pavimentación de suelos y escaleras.
- UNE 22202-2:2011. Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 2: Adoquines para pavimentación.
- UNE 22202-3:2011. Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 3: Bordillos y otras unidades complementarias para pavimentación.

- UNE 22202-4:2011. Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 4: Pavimentos elevados registrables
- UNE 22203:2011. Productos de piedra natural. Construcción de aplacados de fachadas con piedra natural.

La legislación nacional en materia de edificación parte de la *Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación* (LOE), cuyo desarrollo reglamentario constituye el Código Técnico de la Edificación (CTE), en el cual se establecen las exigencias que deben cumplir los edificios con carácter obligatorio. El CTE está formado por un conjunto de "documentos básicos" (DB) que se actualizan permanentemente:

- DB-SE: Seguridad Estructural
- DB-SE AE: Acciones en la edificación
- DB-SE C: Cimientos
- DB-SE A: Acero
- DB-SE F: Fábrica
- DB-SE M: Madera
- DB-SI: Seguridad en caso de incendio
- DB-SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad
- DB-HS: Salubridad
- DB-HR: Protección frente al ruido
- DB-HE: Ahorro de energía

El CTE prevé además la existencia de un catálogo de documentos reconocidos sin carácter reglamentario, tales como guías, procedimientos de diseño, soluciones constructivas, etc. cuya finalidad es facilitar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE. Entre los documentos reconocidos que hasta el momento han sido aprobados cabe mencionar el *Catálogo de elementos constructivos*, el cual se mantiene actualizado en formato de base de datos, accesible desde la web: <http://www.codigotecnico.org>.

2. ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

2.1. Aspecto o apariencia

El aspecto del material se define a partir de un conjunto de características que determinan la apariencia de las caras expuestas al uso y que tienen que ver tanto con la naturaleza de la roca como con el acabado o la terminación del producto, obtenido en el proceso de fabricación.

Su declaración por el fabricante se considera obligatoria, puesto que forma parte de la identificación del producto en la declaración de prestaciones y en el marcado CE (UNE-EN 1341 Anexo ZA, UNE-EN 1469 Anexo ZA, UNE-EN 12057 Anexo ZA y Anexo ZB, y UNE-EN 12058 Anexo ZA,). Consta de dos partes: denominación y acabado superficial. Opcionalmente puede además acompañarse de muestras de referencia.

2.1.1. Denominación

Los productos de piedra natural se identifican por el fabricante mediante su "denominación", término que de acuerdo con la norma UNE-EN 12440, comprende 4 características:

- **Nombre comercial:** nombre, de uso tradicional o no, adoptado por el fabricante.

El nombre comercial es un término elegido por el fabricante con propósitos comerciales, que en ocasiones es además un nombre tradicional en el mercado, empleado por diferentes productores y que a menudo puede aludir a un tipo de roca concreto, a un lugar de extracción o a determinadas características de color. También puede corresponder a una marca comercial registrada. Su elección debe evitar provocar confusión en cuanto a su verdadera naturaleza petrológica, color o lugar de origen.

- **Nombre petrográfico:** denominación científica de la roca obtenida a partir de un examen petrográfico, de acuerdo con UNE-EN 12407 y UNE-EN 12670.

El examen petrográfico puede dar como resultado diferentes denominaciones para una misma roca, en función de la profundidad del estudio y de los sistemas de clasificación adoptados.

El nombre petrográfico puede complementarse con datos de composición mineralógica, textura petrográfica, edad geológica, nombre de la formación geológica, etc.

NOTA La norma UNE-EN 12670 incluye un compendio de las clasificaciones petrológicas más usuales, pero no se ofrecen pautas ni criterios para los numerosos casos que no caen en dichas clasificaciones. El único sistema de nomenclatura de rocas que abarca los tres grandes grupos (sedimentarias, metamórficas e ígneas), y que intenta ofrecer criterios inequívocos de clasificación es el propuesto por el *British Geological Survey* y que consta de tres documentos principales: Gillespie, M R and Styles, M T. (1999), Robertson, S. (1999) y Hallsworth, CR and Knox R W O'B. (1999).

- **Lugar de origen:** al menos el municipio, la región y el país de extracción. Es frecuente la mención al nombre de la cantera.
- **Color característico:** color general o rango de colores mayoritarios de la roca, observables con un determinado acabado superficial (ver apdo. 2.1.2 de esta Guía).

El color puede expresarse de modo descriptivo, a partir de la observación en superficies secas y limpias, con luz diurna a la sombra. En ocasiones el color puede venir definido mediante un código de clasificación alfanumérico establecido por el fabricante. También puede determinarse con un colorímetro o espectrofotómetro, y expresarse haciendo uso de diferentes sistemas de notación o escalas normalizadas (Munsell, CIE L*a*b*, Yxy, etc.).

La mención del color no tiene por qué ser exhaustiva ni descender al detalle de los elementos minoritarios presentes en la roca.

La indicación del color se puede complementar con el valor LRV (*Light reflectance value*) de acuerdo con la norma BS 8493. Se trata de una medida de la cantidad de luz reflejada por la superficie, en una

escala de 0 a 100%, correspondiendo los valores más altos a los tonos más claros. El LRV se utiliza para estimar la capacidad de discriminación entre dos colores por personas con dificultad de visión.

La denominación de la piedra natural proporciona una información de carácter general sobre el producto, que puede resultar en ocasiones imprecisa o dudosa, debido a la insuficiente normalización y a la subjetividad de algunos conceptos. Por tanto, debe tratarse como un medio de identificación, y deben evitarse deducciones que vayan más allá de este propósito.

Un caso típico puede ser la expresión del color, que con frecuencia se define enfatizando elementos de color diferenciadores de la roca con respecto a otras rocas del mismo tipo. Por ejemplo, un granito definido como "azul" puede aceptarse que fuese mayoritariamente gris, simplemente porque posee algunos minerales ligeramente azulados, y puesto que el color azul es inusual en los granitos.

2.1.2. Acabado superficial

El acabado superficial o la terminación del producto puede venir definido por uno de los nombres de uso común o tradicional: pulido, apomazado, flameado, abujardado, arenado, etc., o bien mediante un nombre o código adoptado por el fabricante, con fines comerciales, que puede además corresponder a una marca registrada. Algunos de los nombres de acabados tradicionales se encuentran definidos en la norma UNE-EN 12670.

Del acabado superficial depende no solo su apariencia sino otros aspectos funcionales, como por ejemplo su resbaladidad (ver apdo. 2.6 de esta Guía), su facilidad de limpieza y en determinados casos su comportamiento acústico.

Existen acabados típicos de uso interior, en general los menos rugosos, para facilitar su limpieza, entre los cuales el pulido es el más común. Los acabados más rugosos, por ejemplo, el flameado, son empleados en exterior por su mayor resistencia al deslizamiento.

La sola mención al acabado superficial presupone que éste es regular o uniforme y que se extiende a toda la superficie de uso. En caso contrario deben describirse las distintas texturas presentes y su pauta de distribución. El acabado puede además hacer referencia, en su caso, al trabajo realizado sobre los cantos, biseles, acanaladuras, rebajes, molduras, franjas antideslizantes, etc.

La finura de determinados acabados (apomazado, pulido, etc.) puede venir expresada con relación al tamaño de grano del abrasivo empleado en su obtención, de acuerdo con la correspondiente norma FEPA (FEPA-Standard 42-1 y FEPA-Standard 42-2), o bien mediante el perfil de **rugosidad** Ra, definido por UNE-EN ISO 4287.

La calidad del pulido se puede también expresar mediante la medida del brillo o reflectividad, obtenida con un brilómetro o reflectómetro, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 2813. En tal caso deberá declararse la geometría de medida (20°, 60° u 85°). Los valores de reflectividad de distintas variedades de piedra no son estrictamente comparables, dado que dependen no sólo de la calidad del pulido, sino de la transparencia o el color de los minerales constituyentes.

La declaración por el fabricante del acabado debe hacer mención a la aplicación de sustancias sobre la superficie para el sellado de poros y grietas (por ejemplo, masillado con resinas) o para la modificación de sus propiedades físicas superficiales (por ejemplo, con hidrofugantes, impermeabilizantes, antideslizantes, antimanchas, antigrafitis, oleorrepelentes). En tal caso se debe declarar el tipo de tratamiento y el tipo o naturaleza de las sustancias añadidas.

2.1.2.1. Huecos y masillado

La presencia de huecos es una característica natural de algunos tipos de rocas. Dependiendo de su tamaño y forma suelen recibir diferentes denominaciones: poros (milimétricos o más pequeños), huecos (milimétricos a centimétricos) o cavidades u oquedades (centimétricos o mayores), etc.

Los poros sub-milimétricos son poco o nada visibles, por lo que no suponen problemas de tipo estético. Sin embargo, los huecos de mayor tamaño pueden resultar inadecuados, especialmente en pavimentos interiores, porque atrapan la suciedad. Por ello se suelen masillar o rellenar antes de aplicar el acabado final, especialmente cuando éste es pulido.

La masilla es una mezcla de aglomerante (generalmente resina de poliéster), carga inorgánica (carbonato cálcico o cuarzo molido) y colorante. Dependiendo de las características del hueco, especialmente de su tamaño, la masilla requiere mayor o menor viscosidad. Su aplicación también puede precisar ausencia de polvo y humedad para obtener una buena adherencia y evitar que la masilla se desprenda durante su uso.

El CTE DB-SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad) establece para todos los pavimentos interiores excepto los de uso "restringido", la limitación de 15 mm de diámetro para el tamaño de los huecos en la superficie expuesta al uso.

2.1.3. Muestra de referencia

La muestra de referencia es un sistema opcional definido en las normas UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, que permite resolver la mayoría de las indefiniciones o insuficiencias de la información declarada sobre el aspecto o apariencia del producto.

Debe constar de un número adecuado de piezas con las suficientes dimensiones como para mostrar las características de apariencia del producto dentro del suministro, incluyendo su acabado superficial. En caso de no uniformidad de sus características naturales, como el color y la estructura (veteado, oxidaciones, etc.), es aconsejable indicar en cada pieza el intervalo o la proporción (%) que representa dentro del suministro o lote de fabricación. Además, es conveniente incluir piezas que representen los tonos de color extremos (2 o más) previstos en la clasificación realizada en fábrica, para facilitar la inspección de recepción.

Es importante que en la muestra estén presentes los elementos naturales característicos, aunque éstos sean minoritarios, tales como huecos, inclusiones, juntas, etc., y de tamaño suficiente, para evitar su posterior consideración como defectos no admisibles.

De igual manera deben mostrarse los efectos del tratamiento con sustancias químicas (masillado, etc.) y la calidad del trabajo sobre esquinas, aristas, etc., de tal manera que se pueda apreciar el máximo tamaño de los defectos admisibles, como desconchamientos o desprendimientos, con el fin de distinguirlos de roturas u otros defectos no admisibles.

De acuerdo con CEN/TR 17024, "todas las características mostradas por la muestra de referencia se considerarán típicas de la piedra y no como defectos; por lo tanto, no se considerarán motivo de rechazo, a menos que su concentración sea excesiva y se pierda el carácter típico de la piedra".

La muestra de referencia debe indicar mediante etiqueta adhesiva o sistema similar, la denominación del producto y su acabado, incluyendo los tratamientos químicos, así como el nombre y la dirección del productor o suministrador. Es aconsejable además indicar en cada una de las piezas, su numeración y la composición de la muestra (número de piezas y dimensiones).

La muestra puede complementarse con un informe petrográfico y/o con un informe de muestreo, en el que se describan con detalle las características de apariencia, con ayuda de material gráfico, determinaciones de color, brillo, etc.

La comparación de la muestra con el producto suministrado se debe hacer observándolas a una distancia aproximada de 2 m bajo condiciones de luz diurna, a la sombra.

2.2. Características dimensionales

Las dimensiones nominales de las baldosas o placas de piedra natural, son características identificativas del producto y deben por tanto formar parte de la documentación que acompaña al marcado CE, o bien pueden incluirse en la declaración de prestaciones y el marcado CE.

Las baldosas y placas de piedra natural con formas regulares se definen mediante 3 dimensiones nominales: largo, ancho y espesor, expresados comúnmente en centímetros: No obstante, las normas UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 establecen que la declaración se haga en milímetros. Las baldosas con formas especiales o irregulares pueden requerir informar mediante esquemas o dibujos.

El resto de características dimensionales (planeidad o planicidad de las caras, ortogonalidad de los ángulos, rectitud de las aristas, etc.) generalmente no se declaran, aunque se deben controlar en fábrica.

Las características dimensionales se pueden determinar mediante la norma UNE-EN 13373. No obstante, el gran número de medidas a realizar al producto, de acuerdo con dicha norma, hace conveniente el empleo por el fabricante de cualquier otro procedimiento de medida más rápido y sencillo, siempre que ofrezca un grado de precisión equivalente.

El control de las características geométricas puede requerir además el empleo de procedimientos estadísticos para el diseño del muestreo, siendo el más universal el basado en la inspección por atributos recogido en la norma UNE-ISO 2859-1.

Mediante tales procedimientos es posible conocer el nivel de garantía de cumplimiento de las tolerancias dimensionales, y por tanto declararlo o acordarlo con el cliente. Dada la naturaleza de estas propiedades es asumible en la mayoría de los casos un nivel de garantía del 95%.

Los formatos más usuales de baldosas y placas tienen superficie expuesta al uso de entre 300 x 300 mm y 600 x 600 mm, y espesor de entre 10 y 30 mm. La razón es que los formatos mayores requieren también espesores mayores, lo que incrementa mucho su peso y dificulta extraordinariamente la manipulación y la colocación. Debemos tener en cuenta que, en general, el peso máximo que se recomienda no sobrepasar en condiciones ideales de manipulación es de 25 kg (tabla 1).

Tipo de protección	Peso máximo
En general	25 kg
Mayor protección (mujeres, trabajadores jóvenes o mayores)	15 kg
Trabajadores entrenados (situaciones aisladas, esporádicas y en condiciones seguras)	40 kg

Tabla 1. Peso máximo recomendado para una carga en condiciones ideales de levantamiento, según INSHT (2003).

NOTA Se entienden como condiciones ideales de manipulación las que incluyen una postura ideal para el manejo (carga cerca del cuerpo, espalda derecha, sin giros ni inclinaciones), una sujeción firme del objeto con una posición neutral de la muñeca, levantamientos suaves y espaciados y condiciones ambientales favorables.

Además, los formatos muy grandes tienen precios muy elevados en comparación con los tamaños estándar, debido a su coste de producción. Los formatos están en cualquier caso limitados al tamaño de los bloques que se extraen en cantera, a partir de los cuales se elaboran tablas, que no superan generalmente 1,5 x 2,5 m.

2.2.1. Tolerancias dimensionales

En las normas UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 se establecen las tolerancias dimensionales o desviaciones máximas permitidas para las baldosas y placas de piedra natural. Dichas tolerancias se pueden considerar obligatorias al estar implícitas en el control de producción en fábrica, el cual forma parte de los sistemas de evaluación de conformidad que se definen en los anexos Z de las citadas normas.

La norma UNE-EN 12825 establece diferentes tolerancias dimensionales para las baldosas de pavimentos elevados registrables, que se han de considerar de carácter voluntario, ya que la citada norma no incluye anexo Z y, por tanto, los pavimentos elevados registrables o sus componentes, no tienen marcado CE específico.

En la declaración de prestaciones y en el marcado CE se debe además declarar la clase dimensional cuando ésta esté establecida en la norma aplicable. El pliego de condiciones técnicas debe por su parte especificar la norma y la clase dimensional y puede eventualmente exigir tolerancias más exigentes.

Dependiendo de cuál sea la norma adoptada, las tolerancias podrán ser más o menos estrictas. La norma UNE-EN 1341 se aplica a pavimentos únicamente exteriores, específicamente aceras, plazas y calzadas con tráfico rodado. Para dichas aplicaciones se suelen emplear grandes formatos (hasta 1 m²), con elevado espesor (entre 30 y 100 mm) con textura superficial gruesa (abujardado, flameado, etc.).

Por el contrario, las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 aplican a pavimentos y aplacados tanto en interior como en exterior. Para dichas aplicaciones son habituales los formatos de tamaño medio (hasta 0,36 m²), delgados (10 a 30 mm) y acabados tanto finos en interior (sobre todo pulidos) como de textura gruesa en exterior.

NOTA Las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 no excluyen explícitamente los pavimentos de aceras, plazas y calzadas con tráfico rodado, pero en la práctica se atribuyen a la norma UNE-EN 1341. Por tanto, los pavimentos exteriores dentro del ámbito de las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 son típicamente los que se encuentran en las partes descubiertas de los edificios, como terrazas, balcones, cubiertas transitables, etc.

Estas diferencias en cuanto a formatos y acabados justifican que las tolerancias dimensionales exigidas en las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 sean más exigentes que en la norma UNE-EN 1341.

En cuanto a las tolerancias dimensionales exigidas por la norma UNE-EN 12825 para baldosas de pavimentos elevados registrables, son aún mucho más exigentes que las establecidas por UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, probablemente debido a que no están pensadas específicamente para productos de piedra natural, en los que la industria no es capaz de suministrar un dimensionado tan preciso. Por tanto, no tienen consideración de recomendables, desde esta Guía.

En las siguientes tablas se muestran agrupadas las tolerancias fijadas por las distintas normas armonizadas, agrupadas para cada característica dimensional, con el fin de facilitar su comparación:

UNE-EN 1341 (pavimentos de exterior)				
Bordes o cantos:	serrados		partidos o labrados	
Clase P0	ningún requisito			
Clase P1	± 4 mm		± 10 mm	
Clase P2	± 2 mm		± 10 mm	
UNE-EN 12058 (pavimentos de interior/exterior) y UNE-EN 1469 (aplacados de interior/exterior)			UNE-EN 12057 (pavimentos y aplacados de interior/exterior)	
Largo o ancho nominal	< 600 mm	≥ 600 mm	Clase	Tolerancia
Espesor ≤ 50 mm	± 1 mm	± 1,5 mm	Plaquetas no calibradas	± 1,5 mm
Espesor > 50 mm	± 2 mm	± 3 mm	Plaquetas calibradas	± 0,5 mm
UNE-EN 12825 (pavimentos elevados registrables)				
Clase	Clase 1		Clase 2	
Tolerancia	± 0,2 mm		± 0,4 mm	

Tabla 2. Tolerancias para las dimensiones en planta.

UNE-EN 1341 (pavimentos de exterior)					
Espesor, E (mm)	$E \leq 30$	$30 < E \leq 80$		$E > 80$	
Clase T0	ningún requisito				
Clase T1	± 3 mm	± 4 mm		± 7 mm	
Clase T2	± 10%	± 3 mm		± 4 mm	
UNE-EN 12058 (pavimentos de interior/exterior) y UNE-EN 1469 (aplacados de interior/exterior)					
Espesor, E (mm)		$12 < E \leq 15$	$15 < E \leq 30$	$30 < E \leq 80$	$E > 80$
UNE-EN 12058:2005	Tolerancia	± 1,5 mm	±10%	±3 mm	±5 mm
UNE-EN 12058:2015		± 10%		±3 mm	±5 mm
UNE-EN 1469				±3 mm	±5 mm
UNE-EN 12057 (pavimentos y aplacados de interior/exterior)					
Clase	plaquetas no calibradas		plaquetas calibradas		
Tolerancia	± 1,5 mm		± 0,5 mm		
UNE-EN 12825 (pavimentos elevados registrables)					
Clase	Clase 1		Clase 2		
Tolerancia	± 0,3 mm		± 0,5 mm		

Tabla 3. Tolerancias para el espesor.

UNE-EN 1341 (pavimentos de exterior)				
Diferencia entre las diagonales		cantos serrados		cantos partidos o labrados
Clase D0		ningún requisito		
Clase D1		± 6 mm		± 15 mm
Clase D2		± 3 mm		± 10 mm
UNE-EN 12058 (pavimentos de interior/exterior) y UNE-EN 1469 (aplacados de interior/exterior)				
Largo o ancho nominal		< 600 mm	≥ 600 mm	
UNE-EN 12058	Tolerancia (t)	Espesor ≤ 50 mm	± 1 mm	± 2 mm
		Espesor > 50 mm	± 1,5 mm	± 3 mm
UNE-EN 1469			± 1 mm	± 2 mm
<p>El perímetro de la pieza debe de encontrarse en el interior del área constituida por dos plantillas concéntricas y separadas una distancia de ±t del nominal de referencia.</p>				
UNE-EN 12057 (pavimentos y aplacados de interior/exterior)				
Clase		plaquetas no calibradas	plaquetas calibradas	
Tolerancia de escuadrado u ortogonalidad		± 0,15%	± 0,10%	
UNE-EN 12825 (pavimentos elevados registrables)				
Clase		Clase 1	Clase 2	
Tolerancia de escuadrado u ortogonalidad		± 0,3 mm	± 0,5 mm	

Tabla 4. Tolerancias para los ángulos.

UNE-EN 1341 (pavimentos de exterior)					
Longitud del canto recto más largo		0,5 m	1 m	1,5 m	
Tolerancia	textura fina	± 2 mm	± 3 mm	± 4 mm	
	textura gruesa	± 3 mm	± 4 mm	± 6 mm	
UNE-EN 12825 (pavimentos elevados registrables)					
Clase	Clase 1		Clase 2		
Tolerancia	± 0,3 mm		± 0,5 mm		

Tabla 5. Tolerancias para la rectitud de la arista.

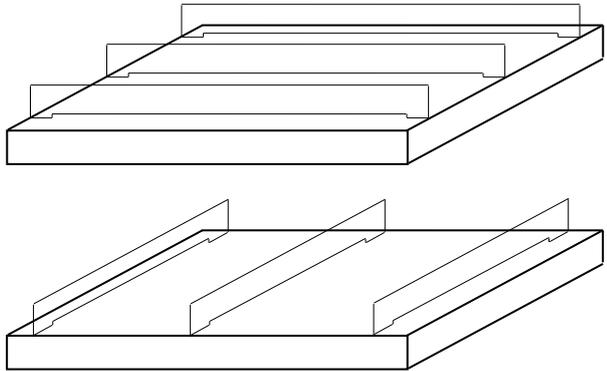
UNE-EN 1341 (pavimentos de exterior)						
Longitud de evaluación (mm)		300	500	800	1000	
Caras verticales	Espesor ≤ 80 mm	± 12 mm				
	Espesor > 80 mm	± 15 mm				
Caras horizontales	convexidad	textura gruesa	± 3 mm	± 4 mm	± 5 mm	± 8 mm
		textura fina	± 2 mm	± 3 mm	± 4 mm	± 5 mm
	concavidad	textura gruesa	± 2 mm	± 3 mm	± 4 mm	± 6 mm
		textura fina	± 1 mm	± 2 mm	± 3 mm	± 4 mm
UNE-EN 12058 (pavimentos de interior/exterior) y UNE-EN 1469 (aplacados de interior/exterior)						
Cara vista	exfoliada o partida	acabada o trabajada				
Tolerancia	ningún requisito	0,2% de la longitud de evaluación y ± 3 mm				
Ejemplo de 6 secciones de evaluación paralelas a las aristas:						
UNE-EN 12057 (pavimentos y aplacados de interior/exterior)						
Clase		plaquetas no calibradas	plaquetas calibradas			
tolerancia de planeidad o planicidad (cara vista)		± 0,15%	± 0,10%			
UNE-EN 12825 (pavimentos elevados registrables)						
Clase		Clase 1	Clase 2			
Tolerancia alabeo		± 0,5 mm	± 0,7 mm			
Tolerancia concavidad		± 0,3 mm	± 0,6 mm			

Tabla 6. Tolerancias para la planeidad o planicidad.

2.3. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es la característica más relevante en la piedra natural, debido a la forma plana de las baldosas y placas, que hace que éstas desde el punto de vista mecánico trabajen fundamentalmente a flexión, y debido también a la estructura interna heterogénea de la piedra, caracterizada por la existencia de planos internos de debilidad a una o varias escalas (contactos entre granos, juntas, laminaciones, foliación, etc.) que son los que condicionan finalmente su resistencia.

La declaración de la resistencia a la flexión por el fabricante se considera obligatoria tanto para pavimentos de exterior como de interior, puesto que constituye una característica esencial en los anexos Z de las normas UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 y por tanto forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

La periodicidad máxima de control por el fabricante para esta característica es de 2 años (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058).

Se determina mediante cualquiera de los dos métodos normalizados existentes:

- UNE-EN 12372, Resistencia a la flexión bajo carga concentrada (R_{tf}).
- UNE-EN 13161, Resistencia a la flexión a momento constante (R_{tc}).

El primero de estos métodos es el más habitual, mientras que el segundo es el más fiable, sobre todo en rocas con fuertes discontinuidades (juntas, laminaciones, etc.) o de tamaño de grano grueso, en las que tiende a obtenerse un valor de resistencia más bajo con el método de la norma UNE-EN 13161. En materiales completamente homogéneos se obtendría igual resultado por cualquiera de los dos métodos.

En ambos ensayos se ejerce una presión creciente a razón de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s flexionando la placa hasta rotura. El resultado se expresa generalmente en megapascales (MPa):

$$1 \text{ MPa} = 10,19 \text{ kg/cm}^2.$$

La resistencia a la flexión es una característica del material que depende fundamentalmente de las fuerzas de unión interpartícula y es teóricamente independiente de las dimensiones del producto (largo, ancho y espesor). Sin embargo, en rocas con fuertes discontinuidades o de gran tamaño de grano, cuando el espesor es menor que el tamaño de las discontinuidades, se obtienen resistencias mucho menores. Por esta razón los "ensayos de identificación" del producto han sido establecidos para espesor ≥ 25 mm. Esta puede ser una causa importante de error en la selección del producto, por lo que una vez se conozca el espesor de la baldosa o placa que se va a colocar, si éste es menor de 25 mm, es recomendable obtener nuevamente el valor de la resistencia a la flexión realizando un "ensayo tecnológico", es decir, sobre producto terminado con sus dimensiones finales y su acabado superficial.

En la declaración de prestaciones y el marcado CE, la resistencia a la flexión debe venir expresada mediante 3 valores:

- valor medio ($R = R_{tf}$ o R_{tc})
- desviación típica (s)
- mínimo valor esperado (E_R)

Dado que la resistencia a la flexión a menudo resulta crítica para la adecuación al uso previsto y, teniendo en cuenta que suele presentar una variabilidad muy alta (son frecuentes los coeficientes de variación de entre el 10 y el 30%), el valor de diseño o característico deberá ser siempre el mínimo valor esperado (E_R), el cual representa el fractil inferior de una distribución log-normal, con una probabilidad aproximada del 95%. Cuando éste no se conozca, podrá sustituirse por $R - 2s$.

En pavimentos o aplacados exteriores que hayan de estar sometidos a efectos ambientales adversos, como las heladas, el valor de diseño debería obtenerse después del número de ciclos de hielo/deshielo apropiado (ver apdo. 2.8 de esta Guía).

En pavimentos o aplacados exteriores de ciertos tipos de rocas, por ejemplo, calizas o areniscas con contenido apreciable en arcillas, y en rocas carbonatadas con presencia de estilolitos, puede ser además conveniente determinar la resistencia a la flexión de la roca saturada de agua.

NOTA El estilolito es una junta o superficie de contacto irregular de la roca, típica de las calizas, formada por presión y disolución, en la que suele observarse la existencia de una porción de la roca desaparecida. Los estilolitos vistos en sección transversal se asemejan al trazo de un bolígrafo, y suelen concentrar sustancias insolubles,

como arcillas, óxidos de Fe y carbón. Suponen líneas de debilidad mecánica en la roca, debido a que ambos lados de la superficie están poco o nada soldados.

Un caso particular de exigencia reglamentaria aparece en el CTE DB-HS (Salubridad), en donde se establece que las baldosas para solados flotantes empleadas como capas de protección en cubiertas, deben ser resistentes a la flexión.

NOTA El suelo flotante es un elemento constructivo sobre el forjado que comprende el solado con su capa de apoyo y una capa de un material aislante al ruido de impactos.

2.3.1. Valor especificado de la resistencia a la flexión

No existen en la normativa española especificaciones para el valor de la resistencia a la flexión, sino para la carga de rotura de baldosas para pavimentos (UNE-EN 1341 Anexo A y UNE 22202-1), la cual no sólo dependerá de la resistencia a la flexión sino del formato (dimensiones) de la baldosa, especialmente de su espesor.

No obstante, las normas norteamericanas ASTM sí establecen valores recomendados para la resistencia a la flexión en función del tipo de roca:

Tipo de roca	R (MPa)
Mármol (ASTM C503)	7
Caliza densa > 2560 kg/m ³ (ASTM C568)	6,9
Caliza densidad media 2160 - 2560 kg/m ³ (ASTM C568)	3,4
Caliza baja densidad 1760 - 2160 kg/m ³ (ASTM C568)	2,9
Granito (ASTM C615)	8,3
Areniscas (ASTM C616)	2,4
Cuarcitas (ASTM C616)	13,9
Serpentinas (ASTM C1526)	6,9
Travertinos para exteriores (ASTM C1527)	6,9
Travertinos para interiores (ASTM C1527)	4,8
Pizarras para exteriores (ASTM C629)	62,1
Pizarras para interiores (ASTM C629)	49,6

Tabla 7. Especificaciones para el módulo de rotura ASTM C99 (equivalente a la resistencia a la flexión bajo carga concentrada) en las normas ASTM.

NOTA En la anterior tabla, debe entenderse que el término "mármol" incluye tanto a mármoles s.s. como a calizas densas capaces de alcanzar un buen pulido. La norma UNE-EN 12670 ofrece las siguientes definiciones:

- 1) Definición científica: Roca metamórfica que contiene más de un 50% de carbonatos (calcita o dolomita), formada por recristalización metamórfica de una roca carbonatada.
- 2) Definición comercial: Piedra natural compacta y que admite el pulido, utilizada en decoración y construcción, compuesta fundamentalmente por minerales con dureza entre 3 y 4 en la escala de Mohs (tales como calcita, dolomita y serpentinita).

La norma NTE-RSR también ofrece valores orientativos (mínimos) para la resistencia a la flexión, expresadas en kg/cm^2 ($\approx 0,1 \text{ MPa}$):

Tipo de roca	R (kg/cm^2)
Granito	80
Cuarcita	90
Pizarra	300
Mármol	70
Caliza	70
Arenisca	50

Tabla 8. Especificaciones para la resistencia a la flexión en la norma NTE RSR.

Las anteriores recomendaciones, no se ajustan a unas determinadas condiciones de uso, sino que proponen valores mínimos característicos para los distintos grupos de rocas más comunes usados en construcción. Por tanto, estas recomendaciones pueden tenerse en cuenta sólo desde un punto de vista informativo.

2.3.1.1. Pavimentos

A la hora de establecer el valor especificado de la resistencia a la flexión que habrá de verificarse durante el control de recepción, debería tenerse en cuenta en primer lugar el valor que satisface la carga de rotura especificada para las condiciones de uso previstas. Para ello se podrá aplicar la siguiente expresión, deducida de la norma UNE-EN 1341 Anexo A:

$$R = \frac{3 \cdot F \cdot L \cdot S}{2 \cdot W \cdot t^2} \quad (2.3.1.1.1)$$

donde,

- t espesor de la baldosa, en mm
- L longitud de la baldosa, en mm
- W anchura de la baldosa, en mm
- F carga de rotura, en N (tabla 9)
- S factor de seguridad (tabla 10)

Uso característico (exterior)	F (N)
Baldosas embebidas en mortero, áreas peatonales únicamente	750
Escaleras	2000
Áreas peatonales y para bicicletas; jardines y balconadas	3500
Accesos ocasionales de coches, vehículos ligeros y motocicletas; entradas de garajes	6000
Aceras, áreas comerciales, con uso ocasional de vehículos de emergencia o de transporte	9000
Áreas peatonales, utilizadas frecuentemente con cargas pesadas	14000
Carreteras y calles; gasolineras	25000

Tabla 9. Valores de carga de rotura mínima F establecidos para diferentes usos típicos en pavimentos de exterior (UNE-EN 1341 Anexo A).

Dimensiones	Apoyado sobre base rígida (mortero)	Apoyado sobre base flexible (arena)	Baldosa al aire (pavimento elevado registrable)			Peldaño al aire apoyado sobre 2 lados
			4 lados	2 lados	4 esquinas	
Lado \leq 600mm	1,2	1,8	2,4	2,7	3,0	6,0
Lado $>$ 600mm	1,8	2,4	2,7	3,1	3,5	6,0

Tabla 10. Valores del factor de seguridad S para diferentes sistemas de colocación de pavimentos (UNE-EN 1341 Anexo A y UNE 22202-1).

NOTA El pavimento elevado registrable recibe también la denominación de suelo técnico.

La tabla 9 contiene los valores de carga de rotura previstos para uso exterior y para las escaleras de uso tanto interior como exterior. Basándonos en las especificaciones de la norma NF B 10-601 Anexo C, podemos deducir también valores de carga de rotura mínima, para dos nuevas clases de uso interior (tabla 11):

Uso característico (interior)	F (N)	
	Colocación con mortero	Baldosas encoladas
Uso privado (vivienda, etc.)	410	470
Uso colectivo moderado (oficinas, comercios, entrada de edificios, salones públicos, centros escolares, etc.)	440	480
Escaleras	2000	

Tabla 11. Valores de carga de rotura mínima para pavimentos de interior deducidos de NF B 10-601 Anexo C y UNE 22202-1.

NOTA Se diferencia entre la colocación tradicional con mortero, en capa gruesa de 4 a 6 cm, sobre diferentes tipos de sustrato, o la colocación con adhesivo de tipo mortero-cola sobre soporte rígido y plano (losa de hormigón o pavimento preexistente).

NOTA En la tabla 11, las cargas previstas para uso colectivo moderado no son apropiadas para un uso interior que implique el movimiento de vehículos ligeros, tales como los que circulan, por ejemplo, en las terminales de aeropuertos, para los cuales debería adoptarse alguna de las clases de la tabla 9.

Si aplicamos la expresión 2.3.1.1.1, para un pavimento interior de uso privado ($F = 470 \text{ N}$) con baldosas de un formato estándar (600 x 300 x 20 mm) colocado con mortero, obtendremos un valor de referencia para emplear como especificación de la resistencia a la flexión. En el ejemplo considerado se obtiene una resistencia a la flexión $R = 4,2 \text{ MPa}$, que podrá compararse con el valor mínimo esperado E_R declarado por el suministrador.

Cuando no se disponga de la suficiente información sobre los formatos que se van a utilizar, otra forma de proceder sería adoptar como especificación el valor mínimo esperado de la resistencia a la flexión declarado por el fabricante E_R , siempre que exista suficiente experiencia previa satisfactoria de la aplicación del producto en similares condiciones de uso y con parecido espesor.

La norma NF B 10-601 Anexo D ofrece valores de carga de rotura y coeficientes de seguridad (tablas 12 y 13) para pavimentos de uso exterior en calzadas para tránsito peatonal o tráfico rodado, ligeramente distintos a los de la norma UNE-EN 1341 (tablas 9 y 10):

Uso característico (exterior)		F (N)
Peatones y vehículos ligeros con carga por rueda < 600 daN		4500
Vehículos con carga por rueda < 900 daN		7000
Vehículos con carga por rueda < 2500 daN	Circulación ocasional con velocidad lenta	11000
	Circulación normal	14000
Vehículos con carga por rueda < 6500 daN	Circulación ocasional con velocidad lenta	25000
	Circulación normal	30000

Tabla 12. Valores de carga de rotura mínima F establecidos para diferentes usos típicos en pavimentos de exterior (NF B 10-601 Anexo D).

Dimensiones	Colocación con mortero especial	Colocación con mortero tradicional	Colocación sobre arena	Colocación sobre pedestales
Lado $\leq 600\text{mm}$	1,2	1,8	1,8	3,0
Lado $> 600\text{mm}$	1,8	2,4	2,4	3,5

Tabla 13. Valores del factor de seguridad S para diferentes sistemas de colocación de pavimentos (NF B 10-601 Anexo D).

2.3.1.2. Revestimientos en fachadas ventiladas

La resistencia a la flexión, junto con la carga de rotura para anclajes (ver apdo. 2.12 de esta Guía) es una característica relevante para las placas piedra natural, empleadas para la construcción de fachadas ventiladas. De un modo implícito, la carga de rotura a flexión es una característica regulada en el

CTE DB-SE-AE (Acciones en la Edificación), y en el NCSE-02 (Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación), puesto que las placas que forman la fachada deben ser resistentes a la acción del viento, a la acción sísmica y a la acción de impactos.

Para establecer el valor especificado de la resistencia a la flexión de placas de piedra natural empleadas en fachadas ventiladas, es decir, fijadas únicamente mediante anclaje mecánico, se podrá aplicar la expresión 2.3.1.1.1 (ver apdo. 2.3.1.1 de esta Guía). En dicha expresión, la carga admisible (F) para las condiciones del emplazamiento, se obtendrá teniendo en cuenta los valores calculados de las fuerzas horizontales debidas a la acción del viento F_v , y a la acción sísmica F_s (ver apdo. 2.12 de esta Guía).

Además, en el caso de los zócalos en zonas exteriores de tránsito peatonal, expuestos a golpes o impacto de pequeños objetos, son asimilables las cargas de rotura a flexión previstas para pavimentos exteriores para áreas peatonales y para bicicletas, jardines y balconadas (ver apdo. 2.3.1.1, tabla 9 de esta Guía). En dicha situación, la fuerza de impacto horizontal correspondiente será $F_i = 3500$ N (newton).

El factor de seguridad aplicable, de acuerdo con UNE 22203 es de $S = 3$.

$$F \geq F_v; F \geq F_s; F \geq F_i \quad (2.3.1.2.2)$$

donde,

F_v fuerza horizontal debida a la acción del viento en N, (2.12.3.2)

F_s fuerza horizontal debida a la acción sísmica en N, (2.12.4.2)

F_i fuerza horizontal debida a impactos en N

Con independencia de la carga de rotura a flexión que pueda ofrecer un aplacado de piedra, el espesor mínimo de las placas recomendado en NTE-RPC y UNE 41957-1 es de 30 mm.

2.3.2. Espesor mínimo de rotura

La resistencia a la flexión se emplea para determinar el espesor mínimo (t) de una baldosa o placa con dimensiones en planta conocidas, para satisfacer una determinada carga de rotura prescrita. El método de cálculo se describe en la norma UNE-EN 1341 Anexo A (ver apdo. 2.3.1.1, tabla 9, 10 y 11 de esta Guía):

$$t = \sqrt{\frac{3 \cdot F \cdot L \cdot S}{2 \cdot W \cdot E_R}} \quad (2.3.2.1)$$

NOTA Este método de cálculo supone una aproximación a la realidad, por lo que no ofrece una completa garantía de fiabilidad, y además no tiene carácter reglamentario. No está recomendado para formatos de grandes dimensiones y usos que impliquen elevadas cargas de rotura.

En muchas ocasiones se producen roturas debidas a un error en el dimensionamiento de las baldosas, por ejemplo, en los recortes de baldosas utilizados para cubrir los espacios estrechos que quedan hasta el encuentro de un borde del pavimento. En tales casos se debe recalcular el espesor de acuerdo con la expresión 2.3.2.1, para lo cual es recomendable prever en el suministro, una pequeña partida de baldosas de mayor grosor.

Existen métodos alternativos como, por ejemplo, el de la norma NF B 10-601 Anexo C, el cual se aplica con las siguientes tablas 14 a 16 (para baldosas colocadas con mortero) y tablas 17 y 18 (para baldosas encoladas). Este método está previsto para pavimentos de espesores nominales de hasta 40 mm y se aplica para diferentes usos tanto interiores como exteriores, exceptuando las calzadas o lugares accesibles a vehículos. Aquí, a diferencia del método anterior, el valor utilizado de la resistencia a la flexión es el valor medio (R).

Resistencia a la flexión R (MPa)	Espesor, t (mm)			
	10	15	20	30
$2 \leq R \leq 4$		$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 4$ $L \leq 600$
$4 \leq R \leq 8$	$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 4$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$
$8 \leq R \leq 11$	$L/W \leq 3$ $L \leq 400$	$L/W \leq 4$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$	$L/W \leq 4$ $L \leq 800$
$11 \leq R \leq 16$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$	$L/W \leq 4$ $L \leq 800$	$L/W \leq 3$ $L \leq 900$
$R \geq 16$	$L/W \leq 4$ $L \leq 600$	$L/W \leq 4$ $L \leq 800$	$L/W \leq 3$ $L \leq 900$	$L/W \leq 4$ $L \leq 900$

Tabla 14. Dimensiones nominales de baldosas colocadas con mortero para uso privado (vivienda, etc.) en interior o exterior.

Resistencia a la flexión R (MPa)	Espesor, t (mm)			
	10	15	20	30
$2 \leq R \leq 4$			$L/W \leq 2$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$
$4 \leq R \leq 8$		$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$
$8 \leq R \leq 11$	$L/W \leq 2$ $L \leq 300$	$L/W \leq 2$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$	$L/W \leq 4$ $L \leq 800$
$11 \leq R \leq 16$	$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 4$ $L \leq 800$	$L/W \leq 3$ $L \leq 900$
$R \geq 16$	$L/W \leq 3$ $L \leq 400$	$L/W \leq 4$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 900$	$L/W \leq 4$ $L \leq 900$

Tabla 15. Dimensiones nominales de baldosas colocadas con mortero para uso público moderado (oficinas, comercios, entrada de edificios, salones públicos, centros escolares, etc.) en interior o exterior.

Resistencia a la flexión R (MPa)	Espesor, t (mm)		
	20	30	40
$4 \leq R \leq 8$		$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$
$8 \leq R \leq 11$		$L/W \leq 2$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$
$11 \leq R \leq 16$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 4$ $L \leq 800$	$L/W \leq 3$ $L \leq 900$
$R \geq 16$	$L/W \leq 4$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 900$	$L/W \leq 4$ $L \leq 900$

Tabla 16. Dimensiones nominales de baldosas colocadas con mortero para uso público intenso (galerías comerciales, aeropuertos, estaciones, etc.) en interior o exterior.

Resistencia a la flexión R (MPa)	Espesor, t (mm)					
	7	10	15	20	30	40
$2 \leq R \leq 4$				$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$
$4 \leq R \leq 8$			$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 700$
$8 \leq R \leq 11$		$L/W \leq 1,5$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 700$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$
$11 \leq R \leq 16$		$L/W \leq 2$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 700$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$
$R \geq 16$	$L/W \leq 2$ $L \leq 300$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 700$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$	$L/W \leq 3$ $L \leq 800$

Tabla 17. Dimensiones nominales de baldosas encoladas para suelo interior.

Resistencia a la flexión R (MPa)	Espesor, t (mm)				
	10	15	20	30	40
$2 \leq R \leq 4$				$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$
$4 \leq R \leq 8$			$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$
$8 \leq R \leq 11$	$L/W \leq 1$ $L \leq 300$	$L/W \leq 2$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$
$11 \leq R \leq 16$	$L/W \leq 1,5$ $L \leq 400$	$L/W \leq 3$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$
$R \geq 16$	$L/W \leq 2$ $L \leq 500$	$L/W \leq 3$ $L \leq 600$			

Tabla 18. Dimensiones nominales de baldosas encoladas para uso exterior.

2.3.3. Carga estática límite y flecha máxima en pavimentos elevados registrables

Para las baldosas de piedra natural destinadas a pavimentos elevados registrables de uso en interiores, además de la declaración de la resistencia a la flexión dentro del mercado CE, puede voluntariamente declararse la carga estática límite y la flecha máxima, obtenidas con el método de la norma UNE-EN 12825 (Pavimentos elevados registrables). Estas características no forman parte y por consiguiente deben diferenciarse del mercado CE.

La norma UNE-EN 12825 establece las especificaciones (tablas 19 y 20) para la clasificación de los pavimentos registrables por medio de la carga estática límite o carga de rotura y la flecha máxima que se alcanza a la carga de trabajo, la cual es igual a la carga estática límite dividida por el coeficiente de seguridad:

Clase	Carga límite (N)
1	400
2	600
3	800
4	900
5	1.000
6	1.200

Tabla 19. Clase de baldosas según la carga estática límite (UNE-EN 12825).

Clase	Flecha máxima (mm)
A	2,5
B	3,0
C	4,0

Tabla 20. Clase de baldosas según la flecha máxima (UNE-EN 12825).

NOTA Las características del pavimento elevado registrable se determinan para el sistema compuesto por las baldosas, los pedestales en los que se apoyan y/o travesaños u otros componentes que forman su estructura portante.

NOTA Los coeficientes de seguridad aplicables son 2 o 3, según UNE-EN 12825, y se han de declarar junto con las demás características.

2.4. Densidad aparente y porosidad abierta

La densidad aparente es una característica de cierta relevancia en la piedra natural, debido a que permite deducir sus propiedades higrotérmicas y de aislamiento acústico, y al mismo tiempo determinar el peso propio del elemento constructivo, transmitido a la estructura soportante, de acuerdo con el CTE DB SE-AE (Seguridad estructural. Acciones en la edificación), capítulo 2.1.

NOTA El peso propio debe determinarse teniendo en cuenta, además, el incremento de peso por saturación de agua, que viene dado por la absorción.

La densidad aparente puede servir además para calcular el peso aproximado de una unidad de piedra para su manipulación (ver apdo. 2.2 de esta Guía).

Su declaración por el fabricante se considera obligatoria para pavimentos de interior y aplacados tanto de exterior como de interior, puesto que constituye una característica esencial en los anexos Z de las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 y por tanto forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE. Es además una característica de declaración voluntaria en baldosas de piedra natural para pavimentos exteriores (UNE-EN 1341 y UNE-EN 12058). De acuerdo con el CTE, para los pavimentos de exterior utilizados en las cubiertas de edificios y aplacados, en cuanto que forman parte de la envolvente térmica y acústica del edificio, debe exigirse igualmente la declaración de esta propiedad.

La periodicidad máxima de control por el fabricante para esta característica es de 2 años.

La densidad aparente se determina mediante el método de la norma de ensayo UNE-EN 1936. El valor de la densidad aparente se expresa por lo general en kg/m^3 . Puede venir declarada como valor medio o como intervalo de valores (mínimo / máximo) obtenidos en el ensayo.

La densidad aparente de una roca depende de la densidad de sus minerales constituyentes y de su porosidad. Las rocas compactas, es decir, con baja porosidad, empleadas como piedra natural en construcción, alcanzan valores de densidad aparente entre 2500 y 3100 kg/m^3 . Las menores densidades se dan en rocas muy porosas, y alcanzan valores por debajo de 2000 kg/m^3 . Por lo general, las rocas más compactas -más densas- suelen tener una mayor resistencia mecánica a la compresión y un mejor comportamiento frente a heladas, sales, etc., aunque no necesariamente una mayor resistencia a la flexión.

Cada tipo de roca tiene unos valores de densidad característicos, por lo cual no tiene mucho sentido establecer requisitos para la densidad aparente. No obstante, en la normativa ASTM se recomiendan valores mínimos, que deben tenerse en cuenta sólo a título informativo:

Tipo de roca	ρ (kg/m ³)
Mármol calcítico (ASTM C503)	2595
Mármol dolomítico (ASTM C503)	2800
Caliza densa (ASTM C568)	2560
Caliza densidad media (ASTM C568)	2160
Caliza baja densidad (ASTM C568)	1760
Granito (ASTM C615)	2560
Cuarcita (ASTM C616)	2560
Arenisca cuarcítica (ASTM C616)	2400
Arenisca (ASTM C616)	2003
Serpentina (ASTM C1526)	2560
Travertino (ASTM C1527)	2305

Tabla 21. Especificaciones para la densidad aparente en las normas ASTM.

Por su parte, en el informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, se ofrecen los siguientes valores típicos:

Tipo de roca	ρ (kg/m ³)
Caliza compacta	> 2500
Otras calizas	< 2500
Arenisca	1900 a 2700
Pizarra - Lutita - Esquisto	2600 a 3000
Mármol	2600 a 2900
Gneis	2400 a 2700
Granito	2400 a 3000
Basalto	2550 a 3000

Tabla 22. Ejemplos de densidad aparente según CEN/TR 17024.

La **densidad real**, por el contrario, es la densidad de sus constituyentes minerales sin poros. Se trata de una característica identificativa del tipo de roca, sin interés práctico.

2.4.1. Propiedades higrotérmicas

Los anexos Z de las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 establecen la **conductividad térmica** como una característica esencial para los pavimentos de interior y para los aplacados de interior o exterior de piedra natural. Esta característica debe entenderse aplicable sólo para productos sometidos a requisitos de aislamiento térmico. Para su declaración se ofrecen dos vías:

- declaración de la densidad aparente, como base para el cálculo de la conductividad térmica.
- declaración de la conductividad térmica, tabulada en las normas UNE-EN ISO 10456 y UNE-EN 1745, en función del tipo de roca y de su densidad aparente.

La conductividad térmica (λ) se expresa en W/m·K (vatios por metro y por grado Kelvin).

Por otra parte, los anexos Z de las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 establecen la **permeabilidad al vapor de agua** como una característica esencial de los aplacados de interior o exterior de piedra natural, que vayan a ser fijados con mortero o adhesivo y se vayan a utilizar en una localización sometida a requisitos de permeabilidad. En dicho caso, la permeabilidad al vapor de agua se obtiene de los valores tabulados en la norma UNE-EN ISO 10456, en función del tipo de roca y de su densidad aparente, o bien se determina mediante ensayo, por el método de la norma UNE-EN ISO 12572.

Las localizaciones sometidas a control de vapor, deducidas del CTE, son los cuartos húmedos, los pavimentos instalados sobre tuberías por las que pase agua, así como la envolvente térmica del edificio. Por tanto, la declaración de dicha característica afecta también a los pavimentos fijados con mortero o adhesivo en algunas otras localizaciones que forman parte de la envolvente térmica:

- cubiertas transitables.
- suelos interiores comprendidos en cerramientos que estén en contacto con el aire, con el terreno o con espacios no habitables, incluidas las cámaras sanitarias.

NOTA La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

La permeabilidad al vapor de agua también se denomina factor de resistencia a la difusión de vapor de agua (μ) y es adimensional.

El CTE DB-HE (Ahorro de energía) establece las propiedades que deberán ser tenidas en cuenta cuando las baldosas o placas de piedra natural formen parte de la envolvente térmica del edificio:

- Conductividad térmica λ
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ

Además, en su caso, se podrán tener en cuenta las siguientes propiedades:

- Densidad ρ
- Calor específico c_p (J/kg·K)

De acuerdo con el CTE DB-HE, los valores de diseño de dichas propiedades se obtienen de los valores declarados en el mercado CE, y se pueden calcular mediante los coeficientes de conversión de la norma UNE-EN ISO 10456. No obstante, en dicha norma no se dan coeficientes de conversión para la piedra natural.

De las características higrotérmicas señaladas en el CTE DB-HE, la densidad (densidad aparente) es la única que aporta el marcado CE de placas o baldosas de piedra natural, de acuerdo con UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058.

A partir de la densidad aparente pueden obtenerse el resto de propiedades, mediante los valores de diseño tabulados, los cuales se encuentran disponibles en:

- UNE-EN 1745
- UNE-EN ISO 10456
- CTE CEC (Catálogo de elementos constructivos)

En las tablas 23, 24 y 25 se recopilan los valores de diseño para las propiedades higrotérmicas que ofrecen las citadas publicaciones.

Tipo de roca	Densidad (ρ) kg/m ³	Conductividad térmica en estado seco a una temperatura media de 10°C ($\lambda_{10,dry}$) W/m·K	Capacidad específica de calor (c) KJ/Kg·K
Roca cristalina	2800	3,5	1,0
Roca sedimentaria	1500	0,85	1,0
	2600	2,3	1,0
Piedra natural porosa (por ejemplo, materiales volcánicos)	1600	0,55	1,0

Tabla 23. Valores térmicos de diseño para productos de piedra natural, tomados de la norma UNE-EN 1745.

Tipo de roca	Densidad (ρ) kg/m ³	Conductividad térmica de diseño (λ) W/m·K	Calor específico (c_p) J/Kg·K	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)	
				Seco	Húmedo
Roca cristalina	2800	3,50	1000	10000	10000
Roca sedimentaria	2600	2,30	1000	250	200
Roca sedimentaria ligera	1500	0,85	1000	30	20
Basalto	2700–3000	3,50	1000	10000	10000
Gneis	2400–2700	3,50	1000	10000	10000
Granito	2500–2700	2,80	1000	10000	10000
Mármol	2800	3,50	1000	10000	10000
Pizarra	2000–2800	2,20	1000	1000	800
Caliza muy blanda	1600	0,85	1000	30	20
Caliza blanda	1800	1,10	1000	40	25
Caliza dureza media	2000	1,40	1000	50	40
Caliza dura	2200	1,70	1000	200	150
Caliza muy dura	2600	2,30	1000	250	200

Tabla 24. Valores higrotérmicos de diseño para pavimentos de piedra natural, tomados de la norma UNE-EN ISO 10456.

Tipo de roca		Densidad (ρ) kg/m ³	Conductividad térmica de diseño (λ) W/m·K	Calor específico (c_p) J/Kg·K	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)
ígneas	Basalto	2700 - 3000	3,50	1000	10000
	Granito	2500 - 2700	2,80	1000	10000
	Traquita, andesita	2000 - 2700	1,10	1000	15
sedimentaria	Arenisca	2200 - 2600	3,00		
	Arenisca silíceas	1900 - 2500	1,80	1000	40
	Caliza muy dura	2200 - 2590	2,30	1000	200
	Caliza dura	2000 - 2190	1,70	1000	150
	Caliza dureza media	1800 - 1990	1,40	1000	40
	Caliza blanda	1600 - 1790	1,10	1000	25
	Caliza muy blanda	≤ 1590	0,85	1000	20
meta-mórficas	Gneis, pórfido	2300 - 2900	3,50	1000	10000
	Esquisto, pizarra	2000 - 2800	2,20	1000	800
	Mármol	2600 - 2800	3,50	1000	10000

Tabla 25. Valores higrotérmicos de diseño para pavimentos de piedra natural, tomados del CTE CEC.

NOTA La conductividad térmica de la tabla 25 incluye el efecto producido por las posibles juntas.

Por otra parte, en el CTE DB-HS 1 (Protección frente a la humedad), apartado 2.4.3.5, exige que el material que constituya la capa de protección de las cubiertas tenga un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento. En tal caso, la densidad es la característica que permite calcular el peso de las baldosas para cubiertas transitables.

2.4.2. Propiedades acústicas

Las propiedades acústicas no están contempladas en las normas europeas armonizadas para pavimentos exteriores de piedra natural (UNE-EN 1341 y UNE-EN 12058). Sin embargo, la densidad aparente, como valor de referencia para el comportamiento acústico, es una característica esencial de las placas de piedra natural aplacados, tanto interiores como exteriores, de acuerdo con los anexos Z de las normas UNE-EN 1469 y UNE-EN 12057.

NOTA Las ediciones de 2015 de UNE-EN 12057 y UNE-EN 12057, aún no en vigor, contemplan ya esta característica para los pavimentos interiores.

El CTE DB-HR (Protección frente al ruido) regula las exigencias de protección frente al ruido, con el objeto de "limitar dentro de los edificios (...) el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento", para lo cual los elementos constructivos deben tener "unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos". No obstante, las exigencias del CTE DB-HR no son de aplicación a los "recintos ruidosos, los recintos y edificios de pública concurrencia destinados a espectáculos, las aulas y las salas de conferencias cuyo volumen sea mayor que 350 m³, ni a las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación en los edificios existentes".

Por tanto, la densidad aparente debería considerarse una característica esencial como valor de referencia para el comportamiento acústico, no sólo en el caso de las placas para revestimientos, sino también en el caso de las baldosas para pavimentos colocados en edificios, tanto interiores como los exteriores de cubiertas transitables.

Las baldosas y placas de piedra natural, como productos que forman parte de elementos constructivos de separación vertical u horizontal, en los aplacados, suelos flotantes o techos suspendidos, pueden encontrarse, por tanto, sujetas al cumplimiento de las características acústicas establecidas en el pliego de condiciones del proyecto. Pueden ser las siguientes:

- Mejora del índice global de reducción acústica ponderado A (ΔR_A) en dBA
- Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos (ΔL_W) en dB
- Coeficiente de absorción acústica medio (α_m)

NOTA Los elementos de separación tanto vertical como horizontal, son los que separan una unidad de uso, de cualquier otro recinto del edificio, o que separan un recinto protegido o un recinto habitable de un recinto de instalaciones o de un recinto de actividad. Incluyen las fachadas, cerramientos, medianerías y cubiertas.

No obstante, ateniéndonos al CTE DB-HR apartado 4.1, tales parámetros no son exigibles a las baldosas y placas de revestimiento, en la medida en que no se usan para aplicaciones acústicas.

Los valores de ΔR_A y ΔL_W se obtienen mediante los ensayos de laboratorio realizados sobre el propio elemento constructivo totalmente acabado, es decir, albergando las instalaciones del edificio o incluyendo cualquier actuación que pueda modificar sus características acústicas, de acuerdo con las normas especificadas en el CTE DB-HR, a partir de valores publicados en documentos reconocidos, o mediante otros métodos de cálculo sancionados por la práctica.

En el CTE DB-HR se establecen también los valores exigidos para los parámetros acústicos.

Hay datos publicados de la absorción acústica α para los acabados superficiales interiores con productos de piedra de paredes, techos y suelos en el CTE CEC (Catálogo de elementos constructivos):

α			α_m
500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
0,1	0,2	0,2	0,2

Tabla 26. Valores de absorción acústica para pavimentos y aplacados interiores de piedra (CTE-CEC).

2.4.3. Porosidad abierta

La porosidad abierta es una característica de declaración voluntaria en placas y baldosas de piedra natural para pavimentos y aplacados tanto interiores como exteriores (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058). No se ha considerado una característica esencial y por tanto no forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

Se determina mediante el método de la norma de ensayo UNE-EN 1936. El valor de la porosidad abierta se expresa como el porcentaje en volumen de los poros conectados o abiertos, contenidos en la roca. Se diferencia de la **porosidad total**, en que esta última incluye tanto los poros conectados como los no conectados o aislados, que pueden ser importantes en algunos tipos de rocas, como travertinos o basaltos. Este parámetro es de interés meramente informativo o identificativo de la roca.

En ciertos casos la porosidad abierta puede ser un valor útil para la elección del tipo de adhesivo o mortero de colocación: véase por ejemplo la norma NF DTU 52.2, donde se establece un valor de porosidad abierta

del 2% para diferenciar los productos de piedra natural, en función del tipo de adhesivo apropiado y las condiciones de colocación.

En las piedras naturales comercializadas, pueden encontrarse con frecuencia valores de porosidad de entre < 1 y 40%. En el informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, se ofrecen los siguientes valores característicos:

Tipo de roca	p_o (%)
Caliza compacta	0,3 a 2
Otras calizas	2 a 48
Arenisca	0,4 a 25
Pizarra - Lutita - Esquisto	0,1 a 6
Mármol	0,1 a 2
Gneis	0,1 a 2
Granito	0,1 a 2
Basalto	0,1 a 6

Tabla 27. Ejemplos de porosidad abierta según CEN/TR 17024.

2.5. Absorción

2.5.1. Absorción de agua a presión atmosférica

La absorción de agua a presión atmosférica, o simplemente la absorción A_b , es una característica de declaración voluntaria en placas y baldosas de piedra natural para pavimentos y aplacados tanto interiores como exteriores (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058).

NOTA Aunque las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 establecen que la absorción se debe declarar siempre, en los correspondientes anexos Z de dichas normas no se ha llegado a considerar una característica esencial y por tanto no forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

Se determina mediante el método de la norma de ensayo UNE-EN 13755. El valor de la absorción de agua se expresa como el porcentaje en peso de agua que es capaz de absorber la roca. Por tanto, equivale al incremento de peso de la baldosa cuando se encuentra completamente saturada, lo cual, en ciertos casos, puede ser de utilidad para el cálculo del peso de una unidad de obra de aplacado o pavimento exterior.

La absorción puede venir expresada como el valor medio, pero, por lo general, es de mayor interés conocer el valor máximo esperado, para lo cual simplemente puede tomarse el valor máximo obtenido en el ensayo, a partir de 6 piezas.

En aplacados o pavimentos interiores el valor de la absorción de agua permite evaluar su comportamiento frente a la infiltración de líquidos, y en consecuencia su facilidad de manchado, de alteración con agentes químicos y de proliferación de microorganismos.

Los aplacados o pavimentos de zonas interiores expuestas frecuentemente a la humedad, derrames o salpicaduras de líquidos (cocinas, baños, restaurantes, cafeterías, supermercados, gimnasios, etc.) y en general las que requieran un grado especial de salubridad (hospitales, guarderías, etc.) deben presentar el menor valor de absorción posible (ver también apdo. 2.5.1.1 de esta Guía).

La absorción de agua puede también ser un indicador útil de la susceptibilidad al daño por heladas.

No existen en el CTE requisitos reglamentarios para el valor de la absorción de aplacados o pavimentos. No obstante, el CTE Parte I, artículo 13.1, habla de la necesidad de "limitar el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos, como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones". Además, El CTE DB-HS 1 (Protección frente a la humedad), apartado 4.1 (características exigibles a los productos) establece entre otras, la absorción de agua a largo plazo por inmersión total (en % o en g/cm³) para caracterizar el comportamiento frente al agua de los productos que componen los cerramientos (como aislantes o formando parte de la hoja principal de la fachada).

Esto debe entenderse aplicable también a los pavimentos de cubiertas o a los pavimentos interiores comprendidos en cerramientos que estén en contacto con el aire, con el terreno o con espacios no habitables, incluidas las cámaras sanitarias.

La única recomendación aparece en la norma UNE 22202-1 en la que se establece por motivos de limpieza un valor mínimo de 0,6% para pavimentos de interior en espacios públicos con tráfico intenso. No obstante, debe tenerse en cuenta que rocas con absorción < 0,6%, en las que la mayor parte de la porosidad está concentrada en poros de medio o gran tamaño, pueden ser igualmente inapropiadas en pavimentos de interior, debido también a la dificultad de limpieza.

Ante la ausencia de recomendaciones nacionales, pueden ser de ayuda las establecidas en la normativa ASTM, en función del tipo de roca:

Tipo de roca	A _b (%)
Mármol (ASTM C503)	0,2
Caliza densa > 2560 kg/m ³ (ASTM C568)	3
Caliza densidad media 2160 - 2560 kg/m ³ (ASTM C568)	7,5
Caliza baja densidad 1760 - 2160 kg/m ³ (ASTM C568)	12
Granito (ASTM C615)	0,4
Cuarcita (ASTM C616)	8
Arenisca cuarcítica (ASTM C616)	3
Arenisca (ASTM C616)	1
Serpentina para exteriores (ASTM C1526)	0,2
Serpentina para interiores (ASTM C1526)	0,6
Travertino (ASTM C1527)	2,5
Pizarra para exteriores (ASTM C629)	0,25
Pizarra para interiores (ASTM C629)	0,45

Tabla 28. Especificaciones para la absorción de agua (a presión atmosférica) en las normas ASTM.

La norma NTE-RSR también ofrece valores orientativos (mínimos) para la absorción:

Tipo de roca	A_b (%)
Granito	1,4
Cuarcita	1,3
Pizarra	1,8
Mármol	1,6
Caliza	2,0
Arenisca	4,5

Tabla 29. Especificaciones para la resistencia a la flexión en la norma NTE RSR.

NOTA El término "mármol" incluye tanto a mármoles s.s. como a calizas densas capaces de alcanzar un buen pulido (ver nota en apdo. 2.3.1 de esta Guía).

Las anteriores recomendaciones no se ajustan a unas determinadas condiciones de uso, sino que proporcionan valores mínimos típicos de los grupos de rocas más comunes usados en construcción. Por tanto, estas recomendaciones pueden tenerse en cuenta sólo desde un punto de vista informativo.

Por su parte, en el informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, se ofrecen los siguientes valores típicos:

Tipo de roca	A_b (%)
Caliza compacta	0,1 a 0,8
Otras calizas	0,8 a 21
Arenisca	2 a 11
Pizarra - Lutita - Esquisto	< 0,1 a 2
Mármol	< 0,1 a 0,7
Gneis	< 0,1 a 0,8
Granito	< 0,1 a 0,8
Basalto	< 0,1 a 2,5

Tabla 30. Ejemplos de absorción de agua según CEN/TR 17024.

Cuando no se dispone del valor de la absorción de agua, éste puede deducirse aproximadamente del valor de la porosidad abierta, mediante la siguiente expresión:

$$A_b \approx \frac{p_o}{\rho_b} \quad (2.5.1.1)$$

donde,

A_b absorción de agua a presión atmosférica (%)

p_o porosidad abierta (%)

ρ_b densidad aparente (kg/m³)

La absorción de agua puede ser también un parámetro de utilidad para la elección del tipo de adhesivo o mortero de colocación, cuando se conozcan este tipo de especificaciones, establecidas en normas o en las instrucciones de los fabricantes de adhesivos o morteros.

2.5.1.1. Resistencia a las manchas

La resistencia a las manchas no está contemplada en las normas europeas armonizadas de pavimentos o de aplacados de piedra natural (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058). Tampoco aparece regulada en el CTE.

El manchado, salvo que sea producto de la alteración de la roca, es una consecuencia directa de la absorción, pero también de otras características como el tamaño de poro, el color dominante, la rugosidad superficial, etc.

La norma europea UNE-EN 16301 permite evaluar la resistencia a las manchas en productos de piedra natural, lo que puede ser útil para seleccionar una piedra de acuerdo con su aplicación, en espacios expuestos a salpicaduras: cocinas, cafeterías, baños, etc.

En ella se aplican sobre la superficie de la piedra, diferentes agentes de manchado (vino tinto, aceite de oliva, café instantáneo, kétchup, refresco de cola, ácido cítrico diluido y opcionalmente orina artificial, lima concentrada y salsa de moras diluida) formando manchas de 35 ± 5 mm de diámetro. Tras el tiempo de exposición (normalmente 15 min) las muestras se limpian en el equipo de frotado en húmedo definido en la norma en ISO 11998, en la que se aplica un paño empapado en una solución de limpieza de pH neutro, no abrasiva, de tipo aniónico, a base de agente tensioactivo. El equipo aplica sobre el paño una determinada presión (equivalente a la que se ejerce con la mano al frotar) y realiza 10 frotados sobre las manchas.

NOTA La norma UNE-EN 16301 admite otros agentes de manchado acordados entre el productor y el cliente.

Tras la limpieza, se evalúan para cada agente de manchado los cambios según una escala, comparando las muestras con los ejemplos fotográficos de la norma para diferentes tipos de piedra (mármol, roca ultrabásica, caliza y esquisto):

- 1) Sin cambios
- 2) Cambio ligero
- 3) Cambio moderado
- 4) Cambio severo

Este método es aplicable igualmente para evaluar la eficacia de los recubrimientos protectores, por ejemplo, hidrofugantes, impermeabilizantes, antimanchas, antigrafitis u oleorrepelentes.

En este momento no hay disponible ningún método de ensayo de sensibilidad a las manchas producidas por el mortero de agarre. Con frecuencia, algunos tipos de rocas de color blanco como ciertos mármoles y granitos) especialmente cuando están pulidas, son sensibles a algunos morteros de color gris, los cuales pueden dar lugar a una mancha difusa en su cara vista de carácter permanente. Es deseable en caso de dudas, realizar pruebas de exposición en condiciones lo más cercanas a las características del proyecto, con el mismo tipo, cantidad y humedad de mortero y con placas de piedra de igual espesor al previsto y mismo tratamiento protector. Para evaluar los resultados es preciso dejar secar la placa al menos 15 días.

2.5.2. Absorción de agua por capilaridad

La absorción de agua por capilaridad es una característica de declaración voluntaria en placas y baldosas de piedra natural para revestimientos y pavimentos, tanto exteriores como interiores (UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058). En dichas normas no se ha considerado una característica esencial y, por tanto, no forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

De acuerdo con UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, esta característica puede tener interés, por ejemplo, en elementos colocados en contacto con una superficie horizontal que pueda contener agua (por ejemplo, aceras, terrazas, cornisas, duchas, etc.). No tiene aplicación, sin embargo, para rocas con porosidad inferior al 1%.

El coeficiente de absorción de agua por capilaridad es una característica que representa la masa de agua que succiona una sección horizontal de roca porosa a través de un área saturada, en función del tiempo. Se expresa en $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$. Puede venir expresada en un sólo coeficiente (C) o en dos diferentes coeficientes (C_1 y C_2) respectivamente en dirección perpendicular y paralela a los planos de anisotropía de la roca.

Su interés en aplacados y pavimentos es muy escaso, debido a que, en presencia de agua, éstos están completamente saturados. Puede ser de cierto interés en los zócalos colocados en exterior, para los cuales la única recomendación publicada es: $C \leq 0,5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$ (UNE 22203).

2.6. Resbaladidad

La resbaladidad o resistencia al deslizamiento, es una característica regulada para los pavimentos en el CTE DB-SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad) y está relacionada con el acabado superficial de la superficie expuesta al uso de las baldosas.

Es de declaración obligatoria por el fabricante para baldosas de piedra natural de uso exterior incluyendo el acabado de calzadas para tránsito peatonal o tráfico rodado (UNE-EN 1341 Anexo ZA), y para baldosas de piedra natural de uso peatonal en zonas interiores o exteriores (UNE-EN 12057 Anexo ZA y UNE-EN 12058 Anexo ZA).

NOTA De acuerdo con UNE-EN 1341, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 se consideran antideslizantes y por tanto excluidas de declaración de la resbaladidad, las baldosas con superficies partidas (obtenidas por exfoliación, lajado o rotura) y en general con texturas de relieve superior a 1 mm, tales como flameada, abujardada, apiconada, etc. En caso de duda debe medirse la rugosidad, empleando un rugosímetro o un perfilómetro, para determinar el parámetro R_a (UNE-EN ISO 4287) cuyo valor representa el valor medio de las distancias entre picos y valles, o un parámetro equivalente.

Esta exclusión tiene que ver con que dichas superficies no se pueden ensayar de forma fiable, aunque en cualquier caso presentan valores de resbaladidad muy elevados, superiores a 45 (ensayo en húmedo).

NOTA La norma UNE-EN 1341 (Anexo ZA) establece la declaración de dos valores de resbaladidad: la resistencia al deslizamiento y la resistencia al derrape. La primera se refiere a las áreas de circulación peatonal, mientras que la segunda se refiere a las zonas de circulación de vehículos. Debe entenderse que ambas características en realidad son la misma.

La resbaladidad R_d se suele designar también con las siglas SRV (*slip resistance value*), USRV (*unpolished slip resistance value*) o PTV (*pendulum test value*).

En productos de piedra natural se determina mediante el método del **péndulo de fricción**, definido en la norma de ensayo UNE-EN 14231. También se determina para todo tipo de pavimentos mediante la especificación técnica europea CEN/TS 16165 Anexo C (ensayo del péndulo de fricción) o con la norma experimental UNE-ENV 12633:2003, actualmente anulada, pero aún citada en el CTE DB-SUA.

En 2017 han sido aprobadas dos normas experimentales para la determinación de la resbaladidad con el método del péndulo: UNE 41901 EX y UNE 41902 EX, respectivamente para el ensayo en húmedo y para el ensayo en seco, equivalentes a la especificación técnica CEN/TS 16165 Anexo C.

El equipo de medida consiste en un péndulo, cuyo brazo soporta un deslizador de caucho de dureza IRHD = 57 (similar a la goma empleada en las suelas más comunes del calzado), al cual se aplica una carga constante de 22 N. Al oscilar, el deslizador fricciona con la superficie ensayada durante un recorrido de 126 mm, con un ángulo medio de 26°, rozando a través de una de sus aristas de 76 mm, ligeramente biselada. Midiendo la diferencia entre la altura inicial y la alcanzada por el brazo después de la fricción, se obtiene un

valor de coeficiente de fricción dinámico. El ensayo se realiza tanto en húmedo, es decir, sobre baldosas mojadas, como en seco.

NOTA La norma UNE 41902 EX (ensayo en seco) emplea una zapata con caucho de dureza IRHD = 96 (calzado de suela dura) mientras que la especificación técnica CEN/TS 16165 admite la utilización de zapatas con caucho 57 y 96 tanto en el ensayo en seco como en el ensayo en húmedo.

NOTA La norma UNE-EN 14231 incluye las determinaciones en seco y en húmedo, mientras que la norma UNE-ENV 12633 sólo el ensayo en húmedo. No obstante, el documento CTE DA DB-SUA/3 establece los criterios complementarios para la determinación de la resbaladidad en seco.

Cuando se declara conformidad con las normas UNE-EN 1341, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, el marcado CE ha de incluir ambos valores de resbaladidad (en húmedo y en seco).

La obligación de declarar la resbaladidad por el productor, se limita a los productos terminados, por lo que las baldosas de piedra natural con superficie en bruto, para ser pulidas *in situ*, si bien son productos que se van a incorporar a la obra de forma permanente y han de incluir el marcado CE, no es posible que dicho marcado contenga el valor de la resbaladidad, que sólo podrá determinarse después de la colocación y el pulido. Por tanto, en este caso, el ensayo deberá corresponder al instalador.

2.6.1. Exigencias de resbaladidad

El CTE DB-SUA (sección SUA1), complementado con el documento CTE DA DB-SUA/3, establece las exigencias de resbaladidad para los suelos de los edificios o zonas de uso "residencial público", "sanitario", "docente", "comercial", "administrativo" y "pública concurrencia", excluidas las "zonas de ocupación nula" (ver definiciones en CTE DB-SUA Anejo A y CTE DB-SI Anejo SI A).

Los niveles de exigencia se definen en función de su localización, por medio de 3 clases de resbaladidad R_d , determinada mediante el método de la norma UNE-ENV 12633 (ensayo en húmedo). Para las zonas interiores secas se admite el ensayo UNE-ENV 12633 en seco, de acuerdo con CTE DA DB-SUA/3, cuando se alcancen determinados valores de resbaladidad R_d :

Ensayo	Clase	Resbaladidad	Localización y características del suelo	
seco		$R_d \geq 40$	Zonas interiores secas	con pendiente < 6%
		$R_d \geq 65$		con pendiente $\geq 6\%$ y escaleras
húmedo	1	$15 < R_d \leq 35$		con pendiente < 6%
	2	$35 < R_d \leq 45$		con pendiente $\geq 6\%$ y escaleras
	3	$R_d > 45$	Zonas interiores húmedas	con pendiente < 6%
Zonas exteriores, piscinas y duchas			con pendiente $\geq 6\%$ y escaleras	

Tabla 31. Requisitos de resbaladidad según CTE DB-SUA y CTE DA DB-SUA/3.

NOTA Las zonas interiores húmedas incluyen las terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos y cocinas, etc. así como las entradas a los edificios desde el espacio exterior descubierto, considerado así hasta los 6 m más próximos a los puntos en los que tenga lugar dicho acceso, y no considerándose incluidos los accesos directos a zonas de uso restringido.

NOTA Si bien el método de referencia adoptado por el CTE DB-SUA es el de la norma UNE-ENV 12633, de acuerdo con el CTE Parte I Art. 5, la justificación del cumplimiento de las exigencias básicas en el edificio, puede hacerse optando por soluciones técnicas alternativas, siempre que las prestaciones sean equivalentes. En este sentido, el método de ensayo establecido en el CTE es equivalente a UNE-EN 14231, cuando se emplea la "escala C" del péndulo. También es equivalente al método CEN/TS 16165 Anexo C, siempre que se emplee la zapata de caucho 57, o al método UNE 41901 EX.

NOTA En cualquier caso, de acuerdo con la experiencia y la tradición de uso en construcción, se puede considerar que cualquier tipo de superficie seca y limpia es segura para las personas.

De acuerdo con el CTE DA DB-SUA/3, en zonas previstas para usuarios descalzos, es decir en las duchas y en piscinas (en su entorno y en el fondo de vasos en los que la profundidad no exceda de 1,50 m) se admitirán los suelos de clase "B" según el método de ensayo de la rampa con pie descalzo DIN 51097 (ver apdo. 2.6.2 de esta Guía).

Se consideran seguros según el CTE DA DB-SUA/3 sin necesidad de ensayo los suelos de piedra natural con acabado superficial flameado o abujardado (según se definen en la norma UNE-EN 12670). También se consideran seguros los suelos de clase "R11" según el método de ensayo de la rampa para calzado de seguridad DIN 51130 (ver apdo. 2.6.2 de esta Guía).

El CTE DB-SUA deja sin regular la resbaladidad de las zonas de uso "residencial vivienda", "aparcamiento" y "restringido". Puede deducirse también que quedan sin regular las áreas exteriores privadas.

Para los casos de indefinición el CTE (Parte I, Artículo 2 punto 7 y DB-SUA, Introducción, Capítulo III) determina que se adopten los criterios particulares de un uso análogo establecido, o bien se realice un estudio específico del riesgo asociado a la actividad.

Las normas UNE 22202-1 y UNE 22202-4 proporcionan una clasificación de los suelos distinta a la del CTE, en función de su resbaladidad y los usos previstos (tabla 32) incluyendo 5 clases de resbaladidad, 3 de ellas para el ensayo en seco (S0, S1 y S2). No obstante, legalmente sólo es aplicable para los usos que no se encuentren regulados en el CTE.

Ensayo	Clase	Resbaladidad	Localización y características del suelo		
seco	S0	$35 < R_d \leq 40$	Zonas interiores sin riesgo razonable de vertido de líquidos	uso residencial, tráfico moderado generalmente lento	pendiente < 6%
	S1	$40 < R_d \leq 65$			pendiente $\geq 6\%$ y escaleras
	S2	$R_d > 65$		tráfico intenso eventualmente rápido	pendiente < 6% pendiente $\geq 6\%$ y escaleras
húmedo	H2	$35 < R_d \leq 45$	Zonas interiores con riesgo razonable de vertido de líquidos		pendiente < 6%
	H3	$R_d > 45$	Zonas interiores industriales con riesgo de vertido de grasas, lubricantes, aceites, etc.		pendiente $\geq 6\%$ y escaleras
			Zonas exteriores, piscinas y duchas		

Tabla 32. Clases de resbaladidad según UNE 22202-1.

Fuera de España los requisitos publicados son en general menos estrictos y están referidos únicamente al ensayo en húmedo (tablas 33 y 34).

Resbaladidad en húmedo	Riesgo de deslizamiento
< 25	Alto
$25 \leq SRV < 35$	Moderado
$35 \leq SRV \leq 65$	Bajo
> 65	Mínimo

Tabla 33. Clasificación de la resistencia al deslizamiento en el Reino Unido, según CEN/TR 17024.

Uso	Resbaladidad en húmedo (valor medio)
Suelos y escaleras interiores	–
Suelos y escaleras exteriores	> 35
Calzadas para tránsito peatonal o tráfico rodado	> 35
Zonas de circulación de vehículos hasta 30 km/h	> 50

Tabla 34. Clasificación de la resistencia al deslizamiento en Francia, según NF B 10-601.

2.6.2. Otros métodos de medida de la resbaladidad

Además del método del péndulo, existen otros métodos de ensayo en uso, el más extendido de los cuales es el método alemán de la rampa (DIN 51130) desarrollado para la evaluación de lugares de trabajo y locales industriales con riesgo de presencia de líquidos, aunque con el tiempo se ha extendido a la evaluación de superficies comerciales y de pública concurrencia. En dicho método se determina mediante un calzado de seguridad y en presencia de aceite lubricante, el ángulo mínimo de inclinación del pavimento al que se produce el resbalamiento, determinando su clase de resbaladidad (R9 a R13). También se determina para algunos tipos de suelo con relieve, su capacidad drenante, expresada en volumen de líquido por unidad de superficie (cm^3/dm^2) que son capaces de retener o almacenar en los huecos del relieve. La capacidad drenante se codifica en 4 clases, de V4 a V10.

Clase	Ángulo de resbalamiento (°)
R9	6 - 10
R10	> 10 - 19
R11	> 19 - 27
R12	> 27 - 35
R13	> 35
Clase	Capacidad drenante (cm ³ /dm ²)
V4	4
V6	6
V8	8
V10	10

Tabla 35. Clases de resbaladidad según DIN 51130.

Otra norma que utiliza la rampa inclinada (DIN 51097) mide la resbaladidad de pavimentos con pie descalzo, empleando en este caso como contaminante, agua con un tensioactivo. Se asigna al pavimento la clase de resbaladidad (A, B o C) en función del ángulo mínimo de inclinación del pavimento al que se produce el resbalamiento:

Clase	Ángulo de resbalamiento (°)
A	≥ 12
B	≥ 18
C	≥ 24

Tabla 36. Clases de resbaladidad según DIN 51097.

A partir de las clasificaciones de la resbaladidad obtenidas con los métodos de la rampa, hay publicadas recomendaciones en los reglamentos alemanes del Seguro Social de Accidentes GUV-R 181 (2003) y BGI/GUV-I 8527 (2010) respectivamente para pavimentos de uso profesional y pavimentos para pie descalzo. En las tablas 37 y 38 se ofrecen de forma resumida:

REQUISITOS Y CONTROL DE RECEPCIÓN

Localización / uso		Clase	Drenaje
Locales de trabajo, zonas de trabajo y vías de circulación de servicio	Zonas interiores de entrada (desde el exterior)	R9	
	Zonas de entrada (exteriores)	R10/R11	V4
	Escaleras interiores	R9	
	Escaleras exteriores	R10/R11	V4
	Lavabos, vestuarios y cuartos de aseo	R10	
	Zonas de descanso (salón social, comedor)	R9	
Cocinas, comedores	Cocinas en restaurantes y hoteles (hasta 100 cubiertos/día)	R11	V4
	Cocinas en restaurantes y hoteles (más de 100 cubiertos/día)	R12	V4
	Grandes cocinas industriales	R12	V4
	Cocinas para descongelación y calentamiento de alimentos	R10	
	Comedores, incluyendo las zonas de servicio (pasillos)	R9	
Zonas comerciales	Áreas para clientes (interiores)	R9	
	Zonas de venta al aire libre	R10/R11	V4
	Pasillos de pescado (no envasado)	R12	
	Pasillos de pescado (envasado)	R11	
	Pasillo para carne y embutidos (no envasado)	R11	
	Pasillo para carne y embutidos (envasado)	R10	
	Pasillo para pan y pastelería (no envasado)	R10	
Locales sanitarios/asistenciales	Laboratorios, quirófanos	R9	
	Consultas médicas, ambulatorios	R9	
	Habitaciones de enfermos, pasillos	R9	
	Lavabos	R10	
	Locales de baños medicinales, hidroterapia	R11	
Talleres de vehículos	Locales de reparación y mantenimiento	R11	
	Lavaderos	R11	
Bancos y oficinas	Salas de ventanillas	R9	
Aparcamientos	Aparcamientos subterráneos o en edificios cerrados	R10	
	Aparcamientos al aire libre o en edificios abiertos	R11	V4
Colegios y guarderías	Entradas, pasillos, escaleras, aulas, salas de recreo	R9	
	Lavabos	R10	
	Patios de recreo	R10/R11	V4
Vías de circulación en zonas exteriores	Vías peatonales	R10/R11	V4
	Muelles de carga techados	R10/R11	V4
	Muelles de carga no techados	R12	V4
	Rampas, por ejemplo, para sillas de ruedas	R12	
	Zonas de rellenado de combustible	R12	
	Zonas de rellenado de combustible (techadas)	R11	

Tabla 37. Recomendaciones (resumen) para la clase de resbaladidad en ambientes de trabajo según GUV-R 181.

Localización / uso	Clase
Saunas y zonas de paso (piso casi seco) Vestuarios individuales y colectivos Suelos de piscinas con profundidad > 80 cm Saunas y zonas de relajación (casi secas)	A
Saunas y zonas de paso y saunas (piso mojado) Duchas Zonas adyacentes de piscinas Suelos de piscinas con profundidad < 80 cm Escaleras fuera de la zona de la piscina Piscinas infantiles	B
Escaleras y rampas de acceso al agua de la piscina Plataformas de salto (trampolín)	C

Tabla 38. Recomendaciones (resumen) para la clase de resbaladidad para pie descalzo según BGI/GUV-I 8527.

La norma australiana-neozelandesa AS/NZS 4586 y la guía australiana HB 197 elaborada por CSIRO, incorporan parte de las recomendaciones de la normativa alemana y las amplían a otros tipos de pavimentos de uso público no profesional, para los cuales fijan requisitos de resbaladidad tanto con los métodos de la rampa como con el del péndulo, en húmedo (tabla 39), lo cual puede ser de cierta utilidad cuando se desee establecer la equivalencia entre ambos métodos.

No obstante, los requisitos de resbaladidad con el método del péndulo que se ofrecen en la tabla 39, están referidos al método AS/NZS 4586 obtenidos con zapata de caucho 96, y por tanto no son exactamente equivalentes a los resultados que se obtiene con UNE-EN 14231 o UNE-ENV 12633, métodos que utilizan la zapata de caucho 57.

Localización / uso	Péndulo	Rampa
Soportales y pasos peatonales	45 - 54	R10
Rampas exteriores	> 54	R11
Vestíbulos de hoteles, oficinas y edificios públicos (húmedo)	35 - 44	R10
Vestíbulos de hoteles, oficinas y edificios públicos (seco)	< 25	R9
Centro comercial, excluida la zona de comidas	< 25	R9
Centro comercial, zona de comidas	35 - 44	R10
Rampas interiores con más de 2° (seco)	35 - 44	R10
Vestíbulo de ascensores por encima del nivel de entrada	< 25	R9
Otras tiendas independientes dentro de los centros comerciales	< 25	R9
Otras tiendas con entradas externas (entrada)	35 - 44	R10
Establecimientos de comida rápida y de autoservicio	35 - 44	R10
Hospitales y residencias de ancianos (zonas secas)	< 25	R9
Hospitales y residencias de ancianos (habitaciones)	35 - 44	A/R10
Pasillos de los supermercados, excepto alimentos frescos	< 25	R9
Zona de venta de Frutas y hortalizas	35 - 44	R10
Vestuarios colectivos	35 - 44	A
Borde de piscina y duchas colectivas	45 - 54	B
Rampas y escaleras de acceso al agua de piscinas	> 54	C
Lavabos de oficinas, hoteles y centros comerciales	35 - 44	R10
Salas cubiertas en estadios deportivos	35 - 44	R10
Mamperlán de escaleras interiores con pasamanos (seco)	35 - 44	R10
Mamperlán de escaleras interiores con pasamanos (húmedo)	45 - 54	B/R11
Mamperlán de escaleras exteriores	45 - 54	R11

Tabla 39. Recomendaciones de la selección de suelos peatonales (clase mínima) según HB 197

La especificación técnica europea CEN/TS 16165 aprobada por el Comité Europeo de Normalización (CEN) en 2012 pero no adoptada en España por AENOR, incluye junto con el método del péndulo (anexo C) otros 3 métodos de ensayo de resistencia al deslizamiento: rampa inclinada con pie descalzo, rampa inclinada con calzado y tribómetro.

Otro método recientemente aparecido es la determinación del **coeficiente de fricción dinámico** DCOF, de acuerdo con la norma ANSI A 137.1 (apdo. 9.6) actualmente empleado en Estados Unidos y otros países, en el cual se utiliza un equipo autopropulsado denominado BOT 3000, que realiza la fricción sobre el suelo con una zapata de caucho (Shore A = 95) a lo largo de un trayecto de 254 mm. El ensayo se realiza en húmedo, con una solución de lauril sulfato sódico al 0,05%, o en seco. El resultado DCOF presenta valores entre 0 y 1.

2.7. Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión es la única característica normalizada para piedra natural a nivel europeo, que permite estimar el comportamiento de la superficie rugosa de un pavimento, que vaya a estar expuesto al desgaste por el uso peatonal o del tránsito rodado, por lo que en cierto modo nos da una medida de la durabilidad del acabado antideslizante de los pavimentos. Se trata de una característica de declaración voluntaria en baldosas para pavimentos tanto de interior como de exterior (UNE-EN 1341, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058) y por tanto no forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

Por otro lado, en el CTE no se fijan requisitos reglamentarios para esta característica.

También puede resultar un valor de utilidad para la aplicación *in situ* del pulido, ya que nos informa de la dificultad o el tiempo requeridos para eliminación de rayas y para la obtención de un grado aceptable de brillo. De igual modo esta característica puede interpretarse en sentido contrario, es decir, la durabilidad del pulido con un determinado grado de brillo.

Se determina mediante cualquiera de los tres métodos recogidos en la norma de ensayo UNE-EN 14157: "CAPON", "BÖME" Y "AMSLER". De ellos el método CAPON o método del disco de abrasión ancho, constituye el método de referencia y es también el más extendido.

NOTA La nueva edición de la norma europea EN 14157:2017, aún no publicada en España, suprime el método "AMSLER".

El método de ensayo "CAPON" consiste en someter una superficie al rozamiento con un abrasivo seco (alúmina de grano FEPA F80) contra un disco de acero de 70 mm de grosor y 200 mm de diámetro que gira 75 revoluciones en 60 segundos. Entre la superficie ensayada y el disco se aplica la fuerza necesaria (aprox. 14 Kp) para producir una huella de $20 \pm 0,5$ mm en el material de referencia (Mármol de *Boulonnais*).

El resultado de este ensayo se expresa en mm de anchura de la huella con 0,5 mm de aproximación, siendo por tanto un valor comparativo con el mármol de *Boulonnais*. Cuanto más profunda sea la penetración del disco en la baldosa, menor será la oposición de la piedra al desgaste y mayor será la huella.

Los valores de la resistencia a la abrasión obtenidos con este método no son muy precisos, pero sí permiten distinguir rocas de diferente composición y estructura. La resistencia depende principalmente de la dureza de los minerales constituyentes y de la densidad de la roca. Los valores típicos de las rocas más comunes se muestran en la tabla 40.

Tipo de roca	Resistencia a la abrasión (mm)
Granito	12 - 20
Dolomía	17 - 22
Caliza marmórea	19 - 28
Mármol	20 - 32
Caliza de baja densidad	25 - 38
Arenisca	20 - 40
Pizarra	30 - 50

Tabla 40. Intervalos de valores típicos de resistencia a la abrasión (CAPON).

El valor medio y la correspondiente desviación estándar de la resistencia a la abrasión (CAPON) se obtiene de 6 baldosas, en cada una de las cuales se efectúan siempre que sea posible 2 huellas, descartándose la huella de valor más bajo. Las normas UNE-EN 1341 y UNE-EN 12058:2017 establecen la declaración del valor máximo esperado E_H , aunque no detallan el cálculo de este parámetro, el cual se define en el acta de AENOR AEN/CTN 22 SC5 de 19-09-2006. El valor máximo esperado E_H representa el fractil superior con una probabilidad aproximada del 95%:

$$E_H = e^{x_{ln} + k_s \cdot s_{ln}} \quad (2.7.1)$$

donde,

- x_{ln} media logarítmica
- s_{ln} desviación estándar logarítmica
- k_s cuartil del 5% para un nivel de confianza del 75% (ver valores tabulados, por ejemplo, en UNE-EN 1926 Anexo C)

Cuando éste no se conozca, puede tomarse en su lugar el valor máximo obtenido de 6 baldosas, en cuyo caso debería declararse como "valor máximo".

En la tabla 41 se muestran los valores máximos recomendables para la resistencia a la abrasión, tomados de las normas UNE 22202-1 y UNE 22202-4, los cuales vienen referidos al valor máximo esperado E_H de la resistencia a la abrasión:

Uso		Resistencia a la abrasión (mm)
Espacios de uso restringido (ver definición en CTE DB-SUA Anejo A)		30
Espacios de uso común (públicos)		27
Espacios comerciales e industriales	circulación peatonal lenta	23
	circulación peatonal rápida	20

Tabla 41. Valores máximos recomendados de la resistencia a la abrasión (CAPON) según UNE 22201-1 y UNE 22202-4.

Por su parte, en la norma francesa NF B 10-601 y en el informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, se ofrecen las siguientes recomendaciones, referidas al valor medio de la resistencia a la abrasión:

Uso	Ejemplos	Resistencia a la abrasión (mm)	
		Francia	Bélgica
Privado	Habitaciones en residencias privadas	42	42
Colectivo moderado	Vestíbulos de edificios de < 30 apartamentos Áreas comunes en oficinas con < 50 empleados	35	32
Colectivo intenso	Salas concurridas en aeropuertos, estaciones y centros comerciales Vestíbulos de edificios de > 30 apartamentos Áreas comunes en oficinas con > 50 empleados Supermercados, locales de venta al por mayor	24	22
Calzadas		22	

Tabla 42. Valores recomendados de resistencia a la abrasión (máxima) según NF B 10-601 y CEN/TR 17024.

No es posible por el momento una correlación entre los resultados de la resistencia a la abrasión mediante el método "CAPON" y la durabilidad, expresada en años, de las condiciones antideslizantes de la superficie.

El método BÖHME se emplea principalmente en Alemania, y consiste en someter a fricción la superficie inferior (50 cm²) de una probeta de piedra cúbica, con abrasivo seco, sobre una placa horizontal circular que gira a 30 vueltas por minuto, aplicando una carga vertical de 294 N. Después de 16 ciclos de 22 vueltas cada ciclo, girando la probeta 90º entre ciclos, se determina la pérdida de volumen ΔV de la probeta en cm³, comparando su masa inicial y final, teniendo en cuenta la densidad de la roca. Se utiliza un abrasivo diseñado para producir un desgaste lineal de entre 1,10 y 1,30 mm en un granito estándar y de 4,20 a 5,10 mm en una caliza estándar.

Los resultados de ambos métodos de ensayo de abrasión se han correlacionado mínimamente ($R^2 = 0,85$) para rocas carbonatadas turcas por Çobanolu, I. et al (2010):

$$WWA = 0,45 \cdot BA + 9,15 \quad (2.7.2)$$

donde,

WWA resistencia a la abrasión "CAPON" (mm)

BA resistencia a la abrasión "BÖHME" ΔV (cm³)

El informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, recoge los requisitos alemanes para la resistencia a la abrasión mediante este ensao:

Uso	Ejemplos	Resistencia a la abrasión ΔV (cm ³)
Privado	Habitaciones en residencias privadas	40
Colectivo moderado	Vestíbulos de edificios de < 30 apartamentos Áreas comunes en oficinas con < 50 empleados	25
Colectivo intenso	Salas concurridas en aeropuertos, estaciones y centros comerciales Vestíbulos de edificios de > 30 apartamentos Áreas comunes en oficinas con > 50 empleados Supermercados, locales de venta al por mayor	15

Tabla 43. Valores recomendados en Alemania para la resistencia a la abrasión (máxima) con el método BÖHME, según CEN/TR 17024.

2.8. Heladicidad

La resistencia a la heladicidad es una característica que permite estimar la durabilidad de pavimentos y aplacados exteriores sometidos al efecto de heladas.

No existen en el CTE requisitos reglamentarios para la resistencia a la heladicidad, aunque su declaración por el fabricante se considera obligatoria para pavimentos y aplacados de exterior, puesto que constituye una característica esencial en los anexos Z de las normas UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, y por tanto forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

NOTA No obstante, de acuerdo con UNE-EN 1341, UNE-EN 12057, UNE-EN 12058 están excluidas las baldosas que se van a utilizar en zonas sin riesgo de heladas.

El efecto de las heladas en la roca se produce por el aumento de volumen de un 8% que sufre el agua que ocupa los poros de la roca cuando se congela, ejerciendo una presión sobre las paredes interiores de los poros que puede llegar a disgregar la roca.

El comportamiento de las rocas frente a las heladas es función de su cohesión interna, la cual se evalúa mediante la resistencia a la compresión (UNE-EN 1926). La resistencia a la compresión elevada suele ser indicativa de una buena resistencia a la heladicidad. Otros factores de influencia son su porosidad y el tamaño de los poros. En general, las rocas porosas con un tamaño de poro pequeño, son más sensibles a los efectos de las heladas.

La heladicidad se determina mediante los dos métodos de la norma UNE-EN 12371:

- Ensayo A (tecnológico) en el que el resultado se expresa como la disminución (en %) de la resistencia a la flexión después de un número de ciclos especificado para el uso previsto, en la norma de producto correspondiente, aunque el establecimiento de un número diferente de ciclos puede ser diferente en cada país:
 - Aplacados: 12 ciclos (UNE-EN 12057).
 - Aplacados: 14 ciclos (UNE-EN 1469).
 - Pavimentos: 48 ciclos (UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058).
 - Pavimentos: 56 ciclos (UNE-EN 1341).
- Ensayo B (identificación) en el que el resultado se expresa como el número de ciclos soportados por la roca antes de producirse el fallo, hasta un máximo de 168 ciclos.

NOTA En las nuevas ediciones de 2015 de las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, aún no en vigor, se establece un número de ciclos de 14 para aplacados y de 56 para pavimentos.

De acuerdo con la norma de ensayo UNE-EN 12371, las temperaturas de congelación aplicadas en los ensayos no descienden por debajo de -12°C , lo cual suscita controversia acerca de su validez en regiones con temperaturas más bajas. No obstante, debe tenerse en cuenta que, por debajo de dicha temperatura, el incremento de volumen dentro de los poros es poco importante. Para simular condiciones climáticas más estrictas, existe la posibilidad de fijar un mayor número de ciclos de ensayo en las especificaciones nacionales. En España se ha establecido un método experimental para determinar el número de ciclos en el ensayo tecnológico en función del clima local (ver apdo. 2.8.1 de esta Guía).

2.8.1. Ensayo tecnológico

El primero de estos métodos es el más habitual, aunque posee escasa fiabilidad, debido a que el resultado procede de comparar dos valores medios de la resistencia a la flexión, los cuales tienen asociada una alta dispersión. Una solución a esto sería incrementar notablemente el número de piezas a ensayar, lo que implica costes muy elevados.

En el caso de utilizar el valor de la disminución de la resistencia a la flexión, las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 establecen que una disminución inferior al 20% no debería considerarse significativa. Este límite no tiene carácter normativo y no debería interpretarse en el sentido de que las variaciones superiores al 20% implican deterioro o afección por las heladas.

NOTA Las nuevas ediciones de 2015 de las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, omiten la mención al límite del 20% para la disminución de la resistencia a la flexión.

En la práctica, resulta más fiable emplear como resultado del ensayo de heladicidad, el valor de la resistencia a la flexión tras un número de ciclos especificado. En dicho caso se utiliza éste como valor de diseño para la resistencia a la flexión (ver apdo. 2.3 de esta Guía).

Las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 contienen un anexo nacional informativo (de carácter voluntario) en el que se propone un procedimiento para determinar el número de ciclos (N) a realizar para el ensayo tecnológico en función de las características climáticas locales. El mismo método, corregido y simplificado, aparece en las normas UNE 22202-1, UNE 22202-4 y UNE 22203:

$$N = \frac{I_g \cdot n}{k} \cdot k \quad (2.8.1.1)$$

donde,

- N número de ciclos que hay que realizar en el laboratorio
- n años de exposición. Normalmente 20 - 40 años
- k factor de saturación (en pavimentos $k = 1$)
- I_g índice de hielo del emplazamiento o número promedio de días al año con temperaturas mínimas inferiores a -5°C en un período de 30 años (ver valores calculados para diferentes localidades en la tabla 44):

$$I_g = \frac{\sum_0^{365-30} T_{(-5)}}{30}$$

Estación meteorológica	I_g	Estación meteorológica	I_g
Albacete (Los Llanos)	73,4	Murcia (Alcantarilla)	0,7
Alicante (Ciudad Jardín)	0	Navacerrada (Puerto)	294,3
Ávila (Conservatorio)	94,9	Orense (Granja-Diputación)	5,7
Badajoz (Base Aérea Talavera)	3,9	Oviedo (El Cristo)	0,4
Bilbao (Aeropuerto Sondica)	2,5	Palencia (Observatorio)	20,8
Burgos (Observatorio)	44,5	Pamplona (Noain)	25,5
Burgos (Villafría)	110,2	Ponferrada	14,9
Cáceres	0	Pontevedra (Instituto)	0
Ciudad Real (Escuela Magisterio)	39,8	Salamanca (Matacán)	73,3
Cuenca (Capital)	61,3	Santander (Centro)	0
Getafe (Base Aérea)	13,5	Santiago (Labacolla)	1,7
Gijón (Capital)	0	San Sebastián (Igueldo)	4,7
Gualdalajara (Instituto-El Serranillo)	24,5	Segovia (Observatorio)	38,3
Huesca (Monflorite)	21,4	Soria (Observatorio)	100,7
La Coruña (Estación completa)	0	Teruel (E. Normal-Huesca)	133,5
León (Virgen del Camino)	66,1	Toledo (Lonzana-Buenavista)	6,2
Lérida (Observatorio)	24,0	Torrejón de Ardoz (Base Aérea)	24,6
Logroño (Argoncillo)	10,2	Valladolid (Observatorio)	56,0
Lugo (Punto Centro)	30,3	Vigo (Peinador)	0,2
Madrid (Barajas)	36,8	Vitoria (Foronda)	44,6
Molina de Aragón	321,5	Zamora (Observatorio)	28,3
Montseny (Turo del Home)	175,1	Zaragoza (Aeropuerto)	12,8

Tabla 44: Valores del índice de hielo según UNE-EN 12058:2005 Anexo B, UNE 22202-1 Anexo D, UNE 22202-4 Anexo B y UNE 22203 Anexo B.

NOTA En las nuevas ediciones de 2015 de las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 desaparece el procedimiento para determinar el número de ciclos a ensayar para el ensayo tecnológico.

Este método tiene un carácter experimental y no existen evidencias publicadas de su validación, por lo que su utilidad no está por el momento demostrada y deberá confirmarse o corregirse con el tiempo. Además, las exigencias derivadas de la aplicación de este método pueden resultar inaplicables, si tenemos en cuenta, por ejemplo, que para un emplazamiento como Salamanca y un período de servicio de 40 años, el número de ciclos a realizar sería de 244, lo que implica un ensayo de más de 5 meses de duración.

Por otro lado, el CTE DB SE-AE (Acciones en la edificación) Anejo E, ofrece un mapa de zonas climáticas de España en invierno (figura 1), y una tabla con las temperaturas mínimas características en función de la zona y la altitud (tabla 45). Dicha zonificación puede servir de base, a falta de otra más específica, para establecer una correlación entre un emplazamiento dado y otro con índice de hielo conocido, tomado de la tabla 44.



Figura 1. Zonas climáticas de invierno (Tomado del CTE DB SE-AE, Anejo E, figura E.2).

Altitud (m)	Zona climática invernal (según figura 1)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

Tabla 45: Temperatura mínima del aire exterior en °C (Tomado del CTE DB SE-AE, Anejo E, tabla E.1).

El CTE DB-HE (Ahorro de energía), sección HE1, apéndice B, ofrece otra zonación climática alternativa, mediante la cual se puede deducir la severidad invernal de una localidad en función de su situación geográfica y de su altitud, y de este modo establecer correlaciones entre distintos lugares.

2.8.2. Ensayo de identificación

El ensayo de identificación determina, de acuerdo con UNE-EN 12371, el número de ciclos soportados (N_c) por la roca antes de producirse el fallo, utilizando de entre los siguientes 2 criterios de evaluación, el que antes permita apreciar el fallo:

- La clasificación mediante inspección visual de 2 o más piezas de una muestra de al menos 6 piezas, alcanza el grado 3 en la siguiente escala:
 - Grado 1: daños mínimos (redondeo mínimo de esquinas y aristas) que no comprometen la integridad de la pieza;
 - Grado 2: una o varias grietas pequeñas ($\leq 0,1$ mm de ancho) o rotura de pequeños fragmentos (≤ 30 mm², por fragmento);
 - Grado 3: una o varias grietas, agujeros o rotura de fragmentos de mayor tamaño que el definido en el grado 2, o una alteración del material en vetas; o la probeta muestra signos importantes de desagregación o disolución;
 - Grado 4: probeta con grandes grietas o rota en dos o más trozos o desintegrada;
- El módulo de elasticidad dinámico sufre una disminución $\geq 30\%$ en 2 o más piezas de una muestra de al menos 6 piezas.

En el caso de no producirse fallo, el ensayo continúa hasta el número de ciclos solicitado al laboratorio, siendo por tanto N_c igual al número de ciclos solicitado. El número máximo previsto para el ensayo de identificación en la norma UNE-EN 12371 es de 168 ciclos.

La utilidad de este método, al igual que la del ensayo tecnológico, es bastante incierta, sobre todo por no existir experiencia de su aplicación en España. No obstante, es el método más utilizado en Francia, en donde existen especificaciones nacionales para los resultados con este ensayo en la norma NF B 10-601. En la tabla 46 se resumen las especificaciones para los principales usos:

Clase	Promedio anual en un período de 30 años	Número de ciclos N_c				
		J	K	L	P	R
A: heladas muy débiles	≤ 2 días con temperatura inferior a -5°C	–	–	12	24	96
B: heladas débiles	≤ 4 días con temperatura inferior a -6°C	–	–	12	24	96
C: heladas moderadas	≤ 10 días con temperatura inferior a -10°C	–	12	48	48	144
D: heladas fuertes	> 10 días con temperatura inferior a -10°C	12	24	96	96	144
Usos específicos: <ul style="list-style-type: none"> J: Placas de revestimiento fijadas con anclajes mecánicos (excepto zócalos) K: Placas de revestimiento fijadas con adhesivo (excepto zócalos) L: Zócalos P: Baldosas para suelos y escaleras colocadas con mortero o adhesivos, excepto calzadas o lugares accesibles a vehículos y excepto pavimentos elevados registrables. R: Baldosas para pavimentos de calzadas o lugares accesibles a vehículos. 						

Tabla 46: Especificaciones para el ensayo de heladicidad (identificación) de hielo según NF B 10-601.

En el informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, se proponen las siguientes recomendaciones, tomadas de la normativa de Bélgica:

Uso exterior	Nº de ciclos N_c
Pavimento	140
Elementos en contacto con el suelo (zócalos, etc.)	140
Elementos no verticales en hiladas elevadas o elementos que sobresalen de la fachada	84
Piezas de fábrica de albañilería macizas	70
Elementos de aplacado en fachadas ventiladas	14

Tabla 47. Valores recomendados de N_c según CEN/TR 17024.

2.8.3. Resistencia a la heladicidad en presencia de sales de descongelación

Los métodos de la norma UNE-EN 12371 no tienen en cuenta el efecto de las sales de descongelación (normalmente NaCl o CaCl₂) que aceleran notablemente la degradación de la piedra, por lo que en el CEN TC 246 se ha planteado la elaboración de un método de ensayo específico.

De acuerdo con UNE-EN 1341 Anexo ZA, la resistencia al hielo-deshielo en presencia de sales de descongelación, es una nueva característica esencial a declarar por el fabricante, para las baldosas de piedra natural de pavimentos exteriores. En caso necesario, existe la opción de utilizar el método UNE-EN 1338 Anexo D, el cual se aplica a los adoquines de hormigón. No obstante, en ausencia de un método de ensayo europeo específico para piedra natural, o de cualquier otra disposición nacional, no es una característica exigible por el momento.

2.9. Resistencia al choque térmico

La resistencia al choque térmico permite estimar la durabilidad de pavimentos y aplacados exteriores expuestos al efecto de los agentes atmosféricos, particularmente al efecto de la humedad y los cambios de temperatura.

No existen en el CTE requisitos reglamentarios para la resistencia al choque térmico de pavimentos y aplacados, aunque su declaración por el fabricante se considera obligatoria para pavimentos y aplacados de exterior, puesto que constituye una característica esencial en los anexos Z de las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 y por tanto forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

NOTA Esta característica no está contemplada sin embargo en la norma UNE-EN 1341, cuyo ámbito de aplicación comprende pavimentos exteriores, en particular los aplicados para calzadas y áreas peatonales.

La periodicidad máxima de control por el fabricante para esta característica es de 10 años (UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058).

El efecto del choque térmico en la roca se produce principalmente por la alteración química de los minerales y las deformaciones producidas por los movimientos de expansión y contracción de los constituyentes de la roca, que tienden a debilitar su cohesión.

El comportamiento de las rocas frente al choque térmico es muy diverso y responde a diferentes factores. Una gran mayoría de las rocas empleadas en construcción son prácticamente insensibles a estas condiciones. A continuación, se comentan brevemente algunos casos comunes:

- Muchas rocas, en particular algunos tipos de granitos, pero también mármoles, calizas y pizarras, sufren fenómenos de oxidación de las inclusiones de sulfuros u óxidos, produciendo manchas de óxido de Fe. En un estado avanzado la oxidación de sulfuros como la pirita pueden producir un medio ácido que altera y destruye la cohesión de los minerales adyacentes.
- Algunas rocas porosas (por ejemplo, algunas calizas y areniscas) pueden sufrir fenómenos de disolución del carbonato cementante y dar lugar al desprendimiento de granos y finalmente al desmoronamiento de su estructura.
- Las rocas en las que están presentes ciertos tipos de arcillas y otros filosilicatos expansivos, pueden sufrir una desestabilización física relativamente rápida por el contacto con agua.
- Las rocas en las que están presentes como constituyentes ciertos sulfatos, cloruros u otras sales solubles, además del proceso de disolución de las sales, pueden sufrir la formación de depósitos superficiales que alteran su apariencia.
- Algunos tipos de calizas y mármoles pueden contener materia orgánica carbonosa o minúsculas inclusiones de hidrocarburos que les confieren un color oscuro o negro. La oxidación de estos componentes en la superficie de la roca puede alterar sensiblemente su color, haciéndolo más claro.
- Las rocas formadas por minerales laminares, como las pizarras, pueden sufrir exfoliación y por consiguiente desprendimiento de lajas.
- Algunas rocas volcánicas contienen vidrio que, al entrar en contacto con el agua, puede sufrir hidrólisis y dar lugar a un cambio de aspecto o al deterioro de sus propiedades mecánicas.
- Las superficies pulidas de la mayoría de las rocas sufren una alteración física a escala micrométrica, en mayor o menor grado según la calidad del pulido y la mineralogía de la roca, que les hace perder parte del brillo y por consiguiente disminuir la intensidad del color.
- Las rocas tintadas (algunas de ellas de forma fraudulenta) como granitoides negros o serpentinas, suelen perder gran parte de la intensidad del color característico debido a la inestabilidad de los tintes.

La resistencia al choque térmico se determina mediante el método de la norma UNE-EN 14066. Dicho método es una simulación acelerada de condiciones de exposición a condiciones exteriores, consistente en la realización de 20 ciclos de calentamiento en aire a $70 \pm 5^\circ\text{C}$ e inmersión en agua a $20 \pm 5^\circ\text{C}$. En muchos casos, esta exposición es capaz de provocar alteraciones al menos incipientes, en las rocas sensibles a tales condiciones. Esto permite deducir con un cierto grado de seguridad, en el caso de evidencia positiva de alteración, que la roca presenta potencialmente un mal comportamiento en ambiente exterior. No así al contrario, la ausencia de evidencias de alteración en el ensayo no garantiza una alta durabilidad.

Mediante este ensayo se determinan, además de las alteraciones apreciables mediante inspección visual, la disminución de la resistencia a la flexión según UNE-EN 12372 (ver apdo. 2.3 de esta Guía) junto a la variación de uno o más de los siguientes parámetros obtenidos mediante ensayos no destructivos:

- Módulo de elasticidad dinámico, según UNE-EN 14146.
- Velocidad de propagación del sonido, según UNE-EN 14579.
- Porosidad abierta, según UNE-EN 1936.

La variación de las propiedades mecánicas, principalmente la disminución de la resistencia a la flexión, representa la pérdida de cohesión por formación de microfisuras o despegue entre los granos constituyentes. No existen especificaciones para la disminución de la resistencia a la flexión, pero por analogía con la

disminución de la resistencia a la flexión debida a ciclos de hielo-deshielo (ver apdo. 2.8.1 de esta Guía) puede establecerse que una disminución inferior al 20% no debe considerarse significativa.

De igual modo, por analogía con el ensayo de identificación de resistencia a la heladicidad (ver apdo. 2.8.2 de esta Guía), puede considerarse significativa una disminución del módulo de elasticidad dinámico superior al 30% en más de una de las probetas ensayadas.

Para el resto de las características contempladas en el ensayo (velocidad de propagación del sonido o porosidad abierta) no existen por el momento recomendaciones aplicables.

Puede resultar útil prescribir un número de ciclos superior al establecido en la norma UNE-EN 14066 cuando se considere dudoso el resultado o cuando las condiciones de uso sean especialmente comprometidas.

También puede resultar de utilidad evaluar mediante este ensayo la durabilidad de los recubrimientos protectores aplicados a la superficie, tales como hidrofugantes, impermeabilizantes, antimanchas, antigrafitis, oleorrepeles, etc., en combinación con el ensayo de resistencia a las manchas (ver apdo. 2.5.1.1 de esta Guía).

2.9.1. Sensibilidad a los cambios térmicos

La norma europea UNE-EN 16140 ofrece un método de ensayo simplificado para la resistencia al choque térmico, en el cual se determina únicamente la sensibilidad a los cambios de apariencia producidas por ciclos térmicos, sin tener en cuenta la modificación de las propiedades mecánicas de la roca. Se realizan igualmente 20 ciclos de calentamiento e inmersión en agua, pero a diferencia del ensayo de la norma UNE-EN 14066, la temperatura de calentamiento es superior: $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

Esta característica no está contemplada en ninguna de las normas europeas armonizadas (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058) y, por consiguiente, tampoco forma parte de la declaración de prestaciones y el marcado CE.

La norma UNE-EN 16140 establece un sistema de evaluación de las oxidaciones mediante los siguientes códigos:

Tipo de alteración	Código
Sin oxidaciones. Solo cambios de coloración de los minerales metálicos por pérdida de brillo	T1
Oxidación, solo alrededor de los minerales, sin propagación de la decoloración	T2
Oxidación, con propagación de la decoloración	T3

Tabla 48. Códigos de sensibilidad a los cambios térmicos según UNE-EN 16140.

En general, para las rocas compactas como mármoles o granitos, en las que sólo cabe esperar la aparición de fenómenos de oxidación de minerales o de alguna otra alteración del color tras la exposición en exterior, sin que se vea afectada su resistencia mecánica, este método es más adecuado que el de la norma UNE-EN 14066. Especialmente debe aplicarse este método para granitos importados, de los cuales no exista experiencia de uso.

El resultado desfavorable no necesariamente implica que los cambios sean antiestéticos, por ejemplo, en cuarcitas o esquistos, en las que en ocasiones las manchas de óxidos son apreciadas.

2.10. Resistencia al impacto

La resistencia al impacto es una propiedad omitida en las normas europeas armonizadas, tanto de aplacados como de pavimentos de piedra natural (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058). Por tanto, no forma parte de la declaración de prestaciones ni del marcado CE. No obstante, se trata de una característica valiosa para estimar la aptitud de las baldosas y placas, especialmente en los pavimentos elevados registrables.

Se determina mediante la norma de ensayo UNE-EN 14158, simulando el golpe de un cuerpo duro. El ensayo consiste en realizar sucesivos impactos sobre la baldosa apoyada sobre un lecho de arena, con una esfera de acero de 1 kg, a intervalos crecientes de 5 cm de altura de caída hasta producir la rotura, expresando el resultado como la energía de rotura de la placa o baldosa en Julios (J).

Se puede llevar a cabo como ensayo de identificación o como ensayo tecnológico. El ensayo de identificación tiene por objeto posibilitar la comparación entre distintas variedades de piedra natural, para lo cual se determina la energía de rotura de baldosas de 200 x 200 mm con 30 ± 1 mm de espesor, la cual no representa el valor real de un producto con otras dimensiones. El ensayo tecnológico, a diferencia del anterior, se realiza sobre baldosas con cualquier formato, por lo que permite obtener valores reales del producto que se va a instalar. Siempre que se conozcan los formatos que se van a instalar, es preferible realizar el ensayo tecnológico.

No existen en el CTE requisitos reglamentarios para el valor de la energía de rotura por impacto. Los únicos valores recomendados se ofrecen en las normas UNE 22202-1, UNE-EN 22202-4 y UNE 22203 (tabla 49). Dichas normas aconsejan que se escoja el espesor de las baldosas necesario para alcanzar los valores de energía de rotura recomendados. Por consiguiente, los valores recomendados se refieren al ensayo tecnológico de la norma UNE-EN 14158.

De todos modos, estos valores no concuerdan con los característicos de algunos productos empleados tradicionalmente en construcción, particularmente en el caso de los mármoles y calizas, cuando se instalan sobre una capa de mortero rígido. Sin embargo, en los casos de baldosas apoyadas sobre base flexible, en pavimentos elevados registrables o en fachadas ventiladas, puede ser razonable tener en cuenta dichas recomendaciones.

Uso	Pavimentos (incluidos elevados registrables)		Aplacados (incluidas fachadas ventiladas)	
	Restringido	Común (público)	Zócalos ≤ 3 m	Zonas elevadas
Interiores	3 J	4 J	5 J	3 J
Exteriores	4 J	5 J		

Tabla 49: Valores mínimos para la energía de rotura por impacto, extraídos de UNE 22202-1, UNE 22202-4 y UNE 22203.

Otros requisitos aparecen publicados en el informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, tomados de la normativa de Bélgica, y están referidos a la altura de caída (cm) de la esfera de acero de 1 kg ($1 J \approx 10 \text{ cm}$):

Clase de uso	Altura mínima de caída antes de rotura (cm)
Uso privado	30
Uso colectivo moderado	45
Uso colectivo intensivo	60

Tabla 50. Altura mínima de caída antes de rotura para Bélgica, según CEN/TR 17024.

Alternativamente, se pueden seguir los métodos del documento EOTA TR001 (aproximadamente equivalente a la norma ISO 7892), donde se incluyen los ensayos de impacto con cuerpo blando y con cuerpo duro:

- El ensayo con cuerpo blando simula el choque o la caída accidental de una persona. Se realiza sobre un segmento de pavimento o de aplacado montado horizontal o verticalmente, con su sistema de sujeción (anclajes, pedestales, etc.) completo, mediante una bolsa esférica de tela, rellena con un peso total de 3 kg o de 50 kg.
- El ensayo con cuerpo duro simula el choque o la caída accidental de un objeto. Se realiza sobre una placa o baldosa dispuesta horizontalmente sobre soportes en sus extremos, mediante una esfera de acero de 0,5 o 1 kg.

En ambos ensayos se determina:

- Para la seguridad de uso: el posible colapso del montaje o rotura de las placas.
- Para la aptitud al servicio: la existencia de daños, tales como grietas, etc., el diámetro y profundidad de la indentación (del cuerpo duro) o la deformación residual (deflexión) producida por el cuerpo blando.

El documento EOTA TR 001 proporciona recomendaciones para los valores de energía de rotura que garantizan la aptitud al servicio y la seguridad de uso (tabla 51):

Ensayo de impacto	Aptitud al servicio		Seguridad de uso	
	cuerpo blando 50 kg	cuerpo duro 0,5 kg	cuerpo blando 50 kg	cuerpo duro 1 kg
Aplacados interiores zonas privadas	60	2,5	200	10
Aplacados interiores zonas públicas	120	6	500	10
Aplacados exteriores	400	6	900	10

Tabla 51: Valores de energía de impacto (J) recomendados para aplacados (simplificado de EOTA TR 001).

La Guía ETAG 034-1 revisa estas especificaciones y diferencia entre los aplacados en zonas vulnerables a nivel del suelo con fácil acceso para el público, y zonas elevadas fuera del alcance del público (tabla 52):

Ensayo de impacto	cuerpo duro 0,5 kg	cuerpo duro 1 kg	cuerpo blando 3 kg	cuerpo blando 50 kg
Aplacados fuera del alcance del público	1	–	10	–
Aplacados en zonas a nivel del suelo	3	10	60	400

Tabla 52: Valores de energía de impacto (J) recomendados para aplacados (simplificado de ETAG 034-1).

Por otra parte, la norma UNE-EN 12825 establece para los pavimentos elevados registrables, ensayos específicos de impacto de 26 J con cuerpo duro de 4,5 kg, y de 392 J con cuerpo blando de 40 kg.

2.11. Adherencia

La adherencia es una propiedad de la superficie inferior o posterior de la baldosa o placa, que expresa la resistencia a tracción o a cizalla con el adhesivo de colocación. Depende de características de la superficie como la rugosidad, la absorción y el tamaño de poro, y de la composición de la roca. Por ejemplo, las rocas constituidas por micas como las filitas o pizarras, suelen presentar inferior adherencia, debido a la débil unión entre los granos en el plano de foliación.

Depende además del tipo de adhesivo empleado y del correcto seguimiento de las condiciones de aplicación de éste recomendadas por el fabricante (espesor de la capa de adhesivo, humedad de las superficies, etc.).

NOTA La declaración del valor de la adherencia no corresponde al fabricante de las baldosas de piedra natural, sino que de acuerdo con las normas UNE-EN 12057:2005 y UNE-EN 12058:2005, es responsabilidad de la persona a cargo de la colocación.

La norma UNE-EN 12004 establece la información del marcado CE de los adhesivos empleados para la colocación de baldosas cerámicas, de piedra natural, piedra aglomerada, etc., así como los requisitos exigibles, entre los cuales el más relevante es la adherencia inicial, la cual se determina mediante tres distintos métodos de ensayo, dependiendo del tipo de adhesivo:

Tipo de adhesivo	Método de ensayo	Adherencia inicial
Adhesivo cementoso de fraguado normal (C1)	UNE-EN 1348	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Adhesivo cementoso con características adicionales (C2)		$\geq 1 \text{ N/mm}^2$
Adhesivo de dispersión (D)	UNE-EN 1324	
Adhesivo de resinas reactivas (R)	UNE-EN 12003	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$

Tabla 53: Requisitos de adherencia inicial especificados para los principales tipos de adhesivo según UNE-EN 12004.

Existen otros requisitos que deben cumplir los adhesivos, que se refieren a su durabilidad en condiciones de uso específicas, velocidad de fraguado, deformabilidad, etc., de los cuales existe información detallada en la norma UNE-EN 12004.

Por otra parte, la elección del adhesivo está condicionada, además, a la naturaleza del soporte o base sobre la que se coloca el pavimento. Las normas UNE 22202-1 y UNE 22203 establecen recomendaciones en este sentido, respectivamente para pavimentos y aplacados.

No obstante, los métodos de ensayo citados en la tabla 53 se han ideado para la caracterización del adhesivo en combinación con una superficie estándar de baldosa cerámica, por lo que los valores declarados por el fabricante de adhesivo no necesariamente se cumplen para cualquier tipo de superficie de piedra natural.

Por tanto, el modo más efectivo de conocer la adherencia de la baldosa de piedra natural es efectuar el ensayo apropiado (tabla 53) al adhesivo especificado en el proyecto, sustituyendo la placa de cerámica normalizada por la propia baldosa de piedra natural.

La declaración del valor de la adherencia determinada de este modo, no es exigible al fabricante de piedra natural, pero si es recomendable cuando no se tenga experiencia previa del comportamiento de los materiales seleccionados. Como criterio general, se pueden recomendar los siguientes valores mínimos de adherencia:

Uso	Adherencia
Pavimentos y escaleras en interior o exterior	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Pavimentos y escaleras en exterior (zonas de elevado tránsito peatonal o de vehículos)	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$
Revestimientos de paredes o muros en interior (hasta $\leq 3 \text{ m}$)	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Revestimientos de paredes o muros en interior (altura $> 3\text{m}$) o exterior	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$

Tabla 54: Valores recomendados de adherencia para las baldosas o placas de piedra natural con los adhesivos de colocación

Por otra parte, la legislación en materia sismorresistente NCSE-02 considera que (ver comentario C.4.7.6 de la Subcomisión Permanente de Normas Sismorresistentes) ante el riesgo de desprendimiento de un elemento de fachada, la fijación debe ser de tipo mecánico, mediante piezas metálicas, y no considera apropiadas las fijaciones de placas que dependen exclusivamente en la adhesión con pastas o morteros.

2.11.1. Adherencia de baldosas con superficie resinada

La fabricación de baldosas de piedra natural con su cara inferior reforzada mediante una fina lámina de resina, a menudo con una malla de fibra de vidrio empastada en resina, puede reducir notablemente su adherencia a los adhesivos de tipo cementoso, los más utilizados, por lo que cuando se prevea el empleo de este tipo de adhesivos, es recomendable exigir que las baldosas no incluyan la lámina de resina o, al menos, que se le haya retirado de más del 75% de su superficie inferior. En caso contrario se debería valorar la conveniencia de emplear adhesivos especiales.

Para mejorar la adherencia de las superficies resinadas, durante la fabricación se suele añadir arena esparcida sobre la lámina de resina aún sin endurecer, quedando la arena pegada pero no embebida en la resina.

También debe vigilarse la adherencia entre la malla y la superficie de piedra, la cual en ocasiones es débil a causa de la humedad de la piedra durante su aplicación. Para ello pueden realizarse ensayos de "pelado" como los de las normas UNE-EN ISO 11644, UNE-EN 1392 o ASTM D3167.

2.12. Carga de rotura para anclajes

La carga de rotura para anclajes es, junto con la resistencia a la flexión (ver apdo. 2.3 de esta Guía) la característica más relevante a determinar para las placas piedra natural, empleadas para la construcción de fachadas ventiladas.

De un modo implícito, la carga de rotura para anclajes es una característica regulada en el CTE DB-SE-AE (Acciones en la Edificación), y en el NCSE-02 (Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación), puesto que las placas que forman la fachada deben ser resistentes a la acción del viento, a la acción sísmica y a la acción de impactos. Aunque la NCSE-02 (en su capítulo 4.7.6) puede entenderse que restringe su aplicación a las zonas de tránsito, con el fin de evitar desprendimientos que puedan dañar a las personas, debe entenderse extensiva su aplicación, en virtud del CTE DB-SE, a todas las zonas de la fachada, para el cumplimiento de la exigencia básica SE-2 (aptitud al servicio).

2.12.1. Anclajes de perno

Se trata del sistema tradicional en fachadas ventiladas de piedra natural. Las placas se fijan a la pared o a una subestructura, mediante anclajes metálicos ocultos, provistos de un perno cilíndrico, insertado en un taladro practicado en el canto de la placa. El perno suele disponerse verticalmente como pasador entre las juntas horizontales del aplacado, estando los extremos introducidos en los taladros opuestos de placas contiguas. Generalmente cada placa está fijada por 4 pernos, dos en su canto inferior y otros dos en su canto superior.

Siempre y cuando el producto de piedra natural esté destinado a la colocación con anclajes de perno, la carga de rotura se considera de declaración obligatoria por el fabricante, ya que constituye una característica esencial en el anexo ZA de la norma UNE-EN 1469 y por tanto forma parte de la declaración de prestaciones y del marcado CE.

La carga de rotura para anclajes se determina mediante la norma de ensayo UNE-EN 13364. El ensayo consiste en aplicar una fuerza creciente con velocidad de 50 ± 5 N/s, en dirección perpendicular a la cara de la placa de piedra, a través de una varilla cilíndrica de acero insertada en un taladro realizado en el canto, hasta arrancar la varilla de la placa. Se determina la fuerza de arranque, en N (newton) de 10 anclajes. Los valores de fuerza se expresan, de acuerdo con UNE-EN 13364, redondeados a 50 N.

En el marcado CE, la carga de rotura para anclajes debe venir expresada mediante 3 valores:

- valor medio (\bar{F})
- desviación típica (s)
- mínimo valor esperado (E_F)

El valor de diseño o característico a considerar, para evaluar las prestaciones del aplacado es el mínimo valor esperado (E_F), el cual representa el fractil inferior con una probabilidad aproximada del 95%.

El ensayo se puede llevar a cabo como ensayo de identificación o como ensayo tecnológico. El ensayo de identificación tiene por objeto posibilitar la comparación entre distintas variedades de piedra natural, para lo cual se determina la fuerza de rotura de placas de 30 ± 3 mm de espesor, sobre varillas de 6 mm insertadas a una profundidad de 25 mm y fijadas mediante una lechada de cemento, en un taladro de 10 mm de diámetro. Este ensayo se aleja de la técnica constructiva, por lo que, aunque sea el indicado para la información del marcado CE, debe interpretarse con reservas. El ensayo tecnológico, sin embargo, se realiza sobre placas con cualquier formato y varillas de cualquier diámetro, por lo que permite obtener resultados ajustados al diseño proyectado de fachada.

NOTA Aunque la norma de ensayo UNE-EN 13364 no haya previsto la utilización de un adhesivo diferente al cemento para la fijación del perno en el interior del taladro, debe entenderse que para el ensayo tecnológico ha de utilizarse el adhesivo previsto en el proyecto de obra, e incluso la realización del ensayo sin adhesivo.

Con independencia de la carga de rotura para anclajes que pueda ofrecer un aplacado de piedra, el espesor mínimo de las placas recomendado en NTE-RPC y UNE 41957-1 es de 30 mm. Por debajo de dicho espesor, es difícil asegurar que se mantiene la sección resistente en los puntos de anclaje, debido a la posibilidad de coincidencia de dichos puntos con oquedades, fisuras, bordes de grano o cualquier tipo de discontinuidad de la roca, o debido a fallos en el centrado de los taladros (por ejemplo, cuando los taladros son realizados en obra).

En cualquier caso, las rocas como las pizarras que presenten fisilidad, es decir, facilidad para abrirse en planos muy próximos entre sí (exfoliación), pueden no ser aptas para la colocación con anclajes de perno en el canto, debido a que durante el taladrado se puede provocar el comienzo de la exfoliación y más tarde dar lugar al desprendimiento de la parte exterior (cara vista) de la placa.

2.12.2. Anclajes de riel

Este sistema está siendo progresivamente más empleado en fachadas ventiladas de piedra natural. Las placas se fijan a la pared o a una subestructura, mediante rieles metálicos insertados en una ranura practicada en cada uno de los cantos horizontales (superior e inferior) de la placa.

La norma UNE-EN 1469 no contempla este sistema de anclaje mecánico y no se ha desarrollado una norma europea de ensayo, por lo que el mercado CE de las placas de piedra natural no puede incluir la carga de rotura con anclajes de riel. Por consiguiente, los aplacados de piedra natural con este sistema pueden optar por una Evaluación Técnica Europea (ETE) para declarar sus prestaciones, incluyendo el conjunto de los diferentes componentes del aplacado, es decir, las placas de piedra natural más los demás elementos de fijación o anclaje y la subestructura.

La guía ETAG 034-1 establece el proceso de evaluación para este sistema en particular, dentro de la "familia C" de sistemas de aplacados con anclajes mecánicos, y define en su apdo. 5.4.2.3.1 el método para determinar la carga de rotura de la placa. El ensayo consiste en aplicar una fuerza creciente con velocidad de 5 mm/min en dirección perpendicular a la cara de la placa de piedra, a través de un segmento de rail metálico de 100 mm, insertado en una ranura practicada en el canto, hasta arrancar el rail de la placa. Se determina la fuerza de arranque, en N (newton) de 5 ensayos.

Los resultados se expresan, de acuerdo con ETAG 034-1 como:

- valor medio F_f
- valor característico F_{fC}

El valor característico F_{fC} determinado según ETAG 034-1 Anexo D, proporciona un nivel de confianza del 75%, de que el 95% de los resultados son superiores.

Otros sistemas de anclajes menos empleados en piedra natural, por ejemplo, mediante tacos en el trasdós de la placa de piedra natural ("familia B" en ETAG 034-1) no se han contemplado en esta Guía.

2.12.3. Acción del viento

La acción del viento se define por la presión estática (q_e) en N/m², que deberá soportar una placa, de acuerdo con CTE DB-SE-AE capítulo 3.3.3:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (2.12.3.1)$$

donde,

q_e presión dinámica del viento. Se puede obtener del CTE DB-SE-AE, anejo D, en función del emplazamiento geográfico, pudiendo variar entre 420 y 520 N/m²

c_e coeficiente de exposición, variable con la altura de colocación, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra el edificio. Se determina a partir de valores tabulados en el CTE DB-SE-AE, tabla 3.4 para alturas de hasta 30 m, o se calcula mediante el método del CTE DB-SE-AE, anejo D.2, para alturas de hasta 200 m. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante de $c_e = 2,0$, independientemente de la altura

c_p coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en el CTE DB-SE-AE, anejo D.3. En elementos de < 1m² de fachadas planas, puede tomar valores de +1,0 a barlovento y de entre -0,3 y -1,4 a sotavento. La norma UNE-EN 1991-1-4 (Eurocódigo 1 parte 1-4) establece coeficientes de presión alternativos, admitidos por el CTE

La fuerza horizontal debida a la acción del viento F_v , en N (newton) que debe soportar una placa será:

$$F_v = a \cdot q_e \quad (2.12.3.2)$$

donde,

a superficie vista de la placa (m²)

Para evaluar la conformidad del aplacado con respecto a los anclajes, deberá tenerse en cuenta el número de anclajes con el que está previsto fijar cada placa. A este respecto, es importante observar que, para la disposición más habitual de fachadas ventiladas con anclajes de perno, es decir con 4 anclajes por placa, sólo 3 de los 4 anclajes actúan al mismo tiempo oponiéndose al empuje horizontal.

Por tanto, el criterio de conformidad será:

$$E_F \geq \gamma_{arr} \cdot \frac{F_v}{n} \quad (2.12.3.3)$$

donde,

n número de anclajes activos

E_F mínimo valor esperado de la carga de rotura para anclajes

γ_{arr} coeficiente de seguridad sobre la resistencia al arrancamiento: $\gamma_{arr} \geq 3,0$ según UNE 41957-1 para revestimientos de piedra

Cuando se trate de anclajes de riel, el criterio de conformidad será:

$$F_{fc} \geq \gamma_{arr} \cdot \frac{F_v}{h} \quad (2.12.3.4)$$

donde,

F_{fc} valor característico de la carga de rotura según ETAG 034-1

h suma de las longitudes en dm de los rieles inferior y superior, introducidos en la placa

2.12.4. Acción sísmica

La acción sísmica se define por la aceleración sísmica de cálculo (a_c) horizontal, en m/s^2 , de acuerdo con NCSE-02 capítulo 2.2:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad (2.12.4.1)$$

donde,

S coeficiente de amplificación del terreno. Se determina de acuerdo con el método de NCSE-02 capítulo 2.2. Toma valores entre 0,8 y 1,6

ρ coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Toma los siguientes valores:

- construcciones de importancia normal: $\rho = 1,0$
- construcciones de importancia especial: $\rho = 1,3$

a_b aceleración sísmica básica o valor característico de la aceleración horizontal del emplazamiento de la obra. Toma valores de entre $< 0,04g$ ($< 0,392 m/s^2$) y $0,25g$ ($2,45 m/s^2$). Los valores correspondientes a los municipios españoles con $a_b \geq 0,04g$ se dan en NCSE-02, anejo 1

NOTA Según NCSE-02, las construcciones de importancia normal son aquellas cuya destrucción por un terremoto puedan producir víctimas o interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, a diferencia de las de importancia especial (hospitales, centrales nucleares, aeropuertos, etc.) cuya destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible o puede dar lugar a efectos catastróficos.

La fuerza horizontal debida a la acción sísmica F_s , en N (newton) que debe soportar una placa será:

$$F_s = m \cdot a_c \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \eta_k \quad (2.12.4.2)$$

donde,

- m masa de la placa (kg)
- α cociente entre la aceleración horizontal debida a la respuesta elástica del edificio y la aceleración en su base. Para los casos más usuales en edificación, en edificios que cumplan una serie de requisitos fijados en el NSCE-02 capítulo 3.5.1 (altura < 60 m, regularidad geométrica, etc.) y cuyo período de oscilación fundamental no supere 0,75 s, el método de cálculo simplificado del NSCE-02 (capítulo 3.7) toma un valor máximo de $\alpha = 2,5$
- β coeficiente de respuesta del edificio debido al amortiguamiento y a la disipación de energía por el comportamiento dúctil de la estructura. En los casos más frecuentes de edificación toma valores entre 0,25 y 1,09 (NSCE-02, capítulo 3.7.3.1)
- η_k factor de distribución de la masa de la planta k del edificio, en función de la altura relativa de la planta k respecto de la altura total del edificio. Para un edificio de 8 plantas de altura y distribución uniforme de la masa entre las plantas, puede variar desde $\eta_1 = 0,2$ hasta $\eta_8 = 1,3$

NOTA Nótese que el miembro derecho de la expresión 2.12.4.2, al contrario que en el NSCE-02, no está dividido por g . La razón es que en la expresión original la fuerza sísmica se expresa en las mismas unidades que el peso de la planta del edificio (sean kg o Tm). En esta Guía se ha modificado la expresión para permitir que la fuerza sísmica se exprese en N, es decir en las mismas unidades que el resultado de la carga de rotura para anclajes, mientras que el peso de la placa se sigue expresando en kg.

La evaluación del aplacado con respecto a los anclajes tendrá en cuenta el número de anclajes de igual modo que en el apdo. 2.12.1 de esta Guía, dependiendo del tipo de anclaje empleado (perno o riel), siendo por tanto el criterio de conformidad:

$$E_F \geq \gamma_{arr} \cdot \frac{F_S}{n} \quad (2.12.4.3)$$

$$F_{fC} \geq \gamma_{arr} \cdot \frac{F_S}{h} \quad (2.12.4.4)$$

2.12.5. Acción de impactos

Las únicas acciones accidentales por impactos expresamente contempladas en el CTE DB-SE-AE capítulo 4.3.2 (impacto de vehículos) suponen valores de fuerza inadmisibles para cualquier tipo de aplacado, por lo que no existe otra solución que la disposición protecciones o barreras que impidan la ocurrencia de tales impactos en las zonas de circulación de vehículos (entradas de cocheras, etc.).

En el caso de los zócalos situados en zonas exteriores de tránsito peatonal, expuestos a golpes o impacto de personas o de objetos, son asimilables las cargas estáticas previstas para de rotura a flexión de pavimentos exteriores para áreas peatonales y para bicicletas, jardines y balconadas (ver apdo. 2.3.1.1, tabla 9, de esta Guía). En dicha situación, la fuerza de impacto horizontal correspondiente será $F_i = 3500$ N (newton). El criterio de conformidad para la evaluación del aplacado con respecto a los anclajes, dependiendo del tipo de anclaje empleado (perno o riel), será:

$$E_F \geq \gamma_{arr} \cdot \frac{F_i}{n} \quad (2.12.5.1)$$

$$F_{fC} \geq \gamma_{arr} \cdot \frac{F_i}{h} \quad (2.12.5.2)$$

Alternativamente pueden adoptarse los criterios establecidos para la resistencia al impacto (determinada mediante cargas dinámicas) en el apdo. 2.10 de esta Guía. En la práctica, la ejecución de aplacados con anclajes de zócalos en zonas exteriores de tránsito peatonal, implica el sobredimensionamiento del grosor de las placas de piedra o alternativamente, el relleno del trasdós de las placas con mortero.

2.12.6. Durabilidad de la carga de rotura para anclajes

No se establece en la correspondiente norma de productos de piedra natural para aplacados UNE-EN 1469, ningún ensayo para determinar la durabilidad de la carga de rotura para anclajes. Sin embargo, se menciona tal posibilidad en la norma de ensayo de heladicidad UNE-EN 12371. De acuerdo con esto, se puede llevar a cabo un ensayo tecnológico (ver apdo. 2.8.1 de esta Guía) para determinar la variación de la carga de rotura para anclajes después de un número de ciclos de hielo/deshielo especificado para el emplazamiento del edificio. En ausencia de especificación, el número de ciclos a efectuar es de 14, por analogía al establecido para el ensayo de heladicidad (tecnológico) de placas para revestimientos en la norma UNE-EN 1469.

2.13. Dilatación

La dilatación o expansión térmica es una propiedad omitida en las normas europeas armonizadas de pavimentos o de aplacados de piedra natural (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058) y por tanto no forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el mercado CE. Tampoco aparece regulada en el CTE para los materiales empleados en pavimentos o aplacados. A pesar de ello, se trata de una característica relevante para usos exteriores y para pavimentos interiores de grandes dimensiones o con calefacción por suelo radiante.

Se determina mediante la norma de ensayo UNE-EN 14581, en la que se ofrecen dos métodos alternativos. En ambos se determinan los coeficientes lineales de expansión térmica de los tres ejes espaciales: α_1 , α_2 y α_3 (dos de ellos contenidos en el plano de anisotropía de la roca) para el intervalo de 20°C a 80°C.

El coeficiente de dilatación (α) representa la expansión linear en mm por cada mm de longitud y por cada °C de incremento de la temperatura.

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{\Delta t} \quad (2.13.1)$$

donde,

- α coeficiente de dilatación térmica (°C⁻¹)
- ε expansión linear térmica unitaria (mm/mm)
- Δt incremento de temperatura (°C)

Otros métodos alternativos para determinar el coeficiente de dilatación térmica pueden ser aceptables, siempre que tenga en cuenta la heterogeneidad de la piedra natural y por consiguiente se utilicen muestras de dimensiones suficientemente representativas (longitud al menos 10 veces el tamaño de grano más grande de la piedra).

Los valores típicos de las piedras naturales suelen estar en el intervalo $3 \cdot 10^{-6}$ a $9 \cdot 10^{-6}$ °C⁻¹. Esto significa que un metro lineal de pavimento experimenta un aumento de longitud de entre 3 y 9 μm por cada °C de aumento de la temperatura.

Algunos tipos de mármoles pueden presentar una fuerte anisotropía para esta propiedad, llegando a medirse coeficientes 10 veces mayores en una dirección que en otra. En dichos casos es recomendable evitar la colocación de pavimentos "a trabajunta".

El informe técnico CEN/TR 17024 sobre prescripciones de uso de piedra natural, ofrece los siguientes valores típicos:

Tipo de roca	α (°C ⁻¹)
Caliza compacta	$3 \cdot 10^{-6}$ a $6 \cdot 10^{-6}$
Otras calizas	$3 \cdot 10^{-6}$ a $7 \cdot 10^{-6}$
Arenisca	$2 \cdot 10^{-6}$ a $7 \cdot 10^{-6}$
Pizarra - Lutita - Esquisto	$3 \cdot 10^{-6}$ a $10 \cdot 10^{-6}$
Mármol	$3 \cdot 10^{-6}$ a $6 \cdot 10^{-6}$
Gneis	$5 \cdot 10^{-6}$ a $8 \cdot 10^{-6}$
Granito	$5 \cdot 10^{-6}$ a $9 \cdot 10^{-6}$
Basalto	$9 \cdot 10^{-6}$ a $10 \cdot 10^{-6}$

Tabla 55. Ejemplos de dilatación térmica según la norma CEN/TR 17024.

Esta característica permite, de acuerdo con UNE 22202-1 determinar el espacio entre juntas de fraccionamiento del pavimento (L):

$$L \leq \frac{FAM \cdot A}{10^5 \cdot \Delta t \cdot \alpha} \quad (2.13.2)$$

donde,

L distancia entre juntas de fraccionamiento (m)

Δt máxima diferencia de temperatura prevista de las baldosas (°C)

A anchura de la junta (mm)

FAM factor de acomodación al movimiento de la masilla (%)

NOTA En pavimentos exteriores no es suficiente con estimar la oscilación de la temperatura del aire, puesto que las baldosas se calientan más que el aire por efecto de la insolación. Este calentamiento puede ser muy elevado en las baldosas de colores oscuros. En interior también debe tenerse en cuenta la temperatura que se alcanza en un suelo radiante.

En ausencia de información, la distancia entre juntas de fraccionamiento no debe exceder de 8 m y la superficie máxima de los paños de pavimento entre juntas de fraccionamiento, de 50 m² (UNE 22202-1). En cubiertas planas, de acuerdo con el CTE DB-HS 1 (Protección frente a la humedad), la distancia entre juntas de dilatación de solados fijos de piedra natural no debe exceder de 5 m (cubiertas no ventiladas) o de 7,5 m (cubiertas ventiladas).

Algunos tipos de rocas pueden sufrir un fenómeno parecido de expansión, por efecto de la humedad. No obstante, no hay ningún método de ensayo definido al efecto, por lo que en pavimentos exteriores este posible efecto se ha de corregir con juntas de colocación entre las baldosas.

2.13.1. Expansión térmica residual

La expansión térmica residual es la deformación permanente de una placa de piedra natural, tras un cierto número de ciclos 20 - 80 - 20°C. Se manifiesta no sólo por el aumento de longitud de una pieza, lo cual puede provocar su desprendimiento del adhesivo o de los anclajes, sino por el abombamiento de sus caras.

Se trata de una propiedad omitida en las normas europeas armonizadas de pavimentos o de aplacados de piedra natural (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058) y por tanto no forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE. Tampoco aparece regulada en el CTE

La norma europea EN 16306 permite determinar el abombamiento y la pérdida de resistencia a la flexión de placas de mármol, después de 50 ciclos de calentamiento hasta 80°C de la superficie expuesta, manteniéndose el reverso de la placa parcialmente sumergido en agua. Este método está diseñado específicamente para prevenir la expansión térmica residual, constatada para ciertos tipos de mármol en fachadas de emplazamientos caracterizados por muy bajas temperaturas y fuertes oscilaciones diarias.

2.14. Resistencia a las sales

Las sales solubles que entran en contacto con piedras naturales pueden producir alteraciones importantes, que con mucha frecuencia llegan a ocasionar la destrucción completa de pavimentos o aplacados. Existen diferentes procesos por los que las sales llegan a afectar a las rocas:

El más común es la humedad capilar, que transporta en disolución sales del terreno subyacente (principalmente sulfatos de Ca, Mg y Na), en contacto con la base o el arranque de paredes y muros. Este

fenómeno es característico de edificios antiguos contruidos de sillería o mampostería, pero se da también con relativa frecuencia en construcciones modernas, en las que no se han previsto barreras antihumedad adecuadas. Afecta sobre todo a revestimientos tanto en interior como en exterior (particularmente zócalos) de piedras poco cohesivas, como calizas porosas o areniscas. La humedad capilar asciende por el interior de las paredes hasta una altura que depende de la absorción por capilaridad (succión) de la piedra (ver apdo. 2.5.2 de esta Guía), arrastrando sales en disolución, y precipitándolas cerca del límite de ascenso capilar. La presión de cristalización de la sal en los poros tiende a debilitar la cohesión de la roca, llegando en ocasiones a la arenización de la roca, tras un largo número de ciclos de precipitación/redisolución de la sal.

Otro fenómeno muy frecuente es la precipitación de sales en pavimentos de nueva instalación, generalmente interiores, aunque también exteriores, normalmente en rocas compactas de baja porosidad, como mármoles o granitos. En estos casos la causa principal es el exceso de humedad en el mortero de agarre o en el hormigón de la solera, en el momento de la instalación del pavimento. Esto provoca el ascenso capilar de la humedad, que arrastra en disolución las sales contenidas en el hormigón (principalmente de sulfato de Ca). Las sales precipitan en la superficie de las baldosas de piedra (eflorescencias) o cerca de la superficie (sub-eflorescencias). La presión de cristalización, que puede alcanzar varios centenares de atmósferas, es ejercida hacia la pared interna del poro, por lo que las sub-eflorescencias pueden evolucionar a hinchamientos y finalmente la descamación de la superficie. Esta patología suele aparecer transcurrido un tiempo desde la colocación, prolongándose hasta que la obra se encuentra completamente seca. Su persistencia y su intensidad en interiores son función de la humedad y la temperatura del aire. Concretamente, la presión de cristalización disminuye con la temperatura y para que tenga lugar la hidratación de algunas sales se requiere alta humedad. Por otra parte, la humedad elevada favorece la aparición de eflorescencias, y la baja humedad, de sub-eflorescencias. Sus consecuencias van desde la simple pérdida de brillo del pulido hasta daños catastróficos.

Los edificios situados junto al mar reciben de forma continuada la impregnación formada microgotas de agua marina arrastradas por el viento (niebla salina). La sal marina actúa de igual modo a los procesos descritos antes, pero además provoca la alteración selectiva de algunos minerales, como las inclusiones de sulfuros presentes en la roca, dando lugar a manchas de óxidos.

Las sales (normalmente NaCl o CaCl₂) empleadas para la descongelación de vías públicas (ver apdo. 2.8.3 de esta Guía) tienen también un efecto similar al descrito. Otro caso es la degradación de pavimentos de piedra en piscinas, debido al uso recientemente generalizado de sistemas de cloración salina, en los que se el agua suele tener concentraciones de 4 a 6 g/l de NaCl.

Existen ensayos específicos de piedra natural, para evaluar el comportamiento de algunos de estos procesos, concretamente el de las sales capilares, mediante la norma de ensayo UNE-EN 12370, o el de la niebla salina, mediante la norma UNE-EN 14147. También está en preparación un método de ensayo para determinar la resistencia a la heladicidad en presencia de sales de descongelación (ver apdo. 2.8.3 de esta Guía). No hay sin embargo previsto ningún método para el estudio del comportamiento de la piedra, en contacto con el agua de piscinas de cloración salina.

2.14.1. Resistencia a la cristalización de sales

La resistencia a la cristalización de sales es una propiedad omitida en las normas europeas armonizadas, tanto de aplacados como de pavimentos de piedra natural (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058). Por tanto, no forma parte de la declaración de prestaciones ni del marcado CE.

Se determina por el método de la norma UNE-EN 12370, mediante el cual se somete la muestra de piedra a un máximo de 15 ciclos, cada uno de ellos compuesto por 2 h de inmersión a $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ en una solución saturada de Na₂SO₄·10H₂O, seguidas de 16 h de calentamiento progresivo en aire con elevada humedad, hasta $105 \pm 5^\circ\text{C}$. La cristalización de la sal en los poros durante el período de calentamiento tiende a producir desprendimientos de partículas, redondeamiento de aristas y finalmente la rotura o disgregación de las

muestras. El resultado se expresa como el número de ciclos necesarios para provocar la destrucción, o como la pérdida de masa (%) tras 15 ciclos.

Este ensayo es aplicable según UNE-EN 12370 a piedras con porosidad superior al 5%, como areniscas y calizas porosas. Por tanto, permite evaluar la aptitud de la roca para su empleo en ambientes sometidos a la acción de humedad capilar, como la restauración de edificios históricos o de forma más general en los zócalos de edificios nuevos. Por contra, no es capaz de discriminar el comportamiento de la mayoría de las rocas con baja porosidad, y por tanto no es útil para evaluar el comportamiento respecto a las sales de la mayoría de las rocas empleadas en pavimentos, como los mármoles o calizas marmóreas y los granitos.

La norma UNE 22202-1 establece un valor límite del 1% para la pérdida de masa después de 15 ciclos. Otros requisitos se pueden encontrar en el antiguo documento BRE 141 (Ross, K. D. y Butlin R. N., 1989), donde se proponen las siguientes clases de resistencia a la cristalización de sales en calizas en el Reino Unido:

Clase	Pérdida de masa (%)	Interior				Costero			
		Baja contaminación		Alta contaminación		Baja contaminación		Alta contaminación	
		Heladas	Sin heladas	Heladas	Sin heladas	Heladas	Sin heladas	Heladas	Sin heladas
A	< 1	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4
B	1 a 5	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 4
C	> 5 a 15	2 - 4	2 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	4		
D	> 15 a 35	3 - 4	4	3 - 4	4				
E	> 35	4	4	4					
F	Rotura < 15 ciclos	4	4						
Zonas de exposición:		1. Pavimento, peldaños 2. Coronamientos, cornisas, zócalos 3. Molduras, parapetos, alféizares 4. Aplacado vertical							

Tabla 56. Clasificación de la resistencia a la cristalización de sales, resumido de BRE 141 (Ross, K. D. y Butlin R. N., 1989).

2.14.2. Resistencia a la niebla salina

La resistencia al envejecimiento por niebla salina es también una propiedad omitida en las normas europeas armonizadas, tanto de aplacados como de pavimentos de piedra natural (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058), y por tanto, no forma parte de la declaración de prestaciones ni del marcado CE.

Se determina por el método de la norma UNE-EN 14147, mediante el cual se somete la muestra de piedra a 60 ciclos de 12 h a $35 \pm 5^\circ\text{C}$, en los que se aplica durante 4 h la pulverización o rociado de una solución de NaCl de 100 g/l. El resultado se expresa como la pérdida (%) de masa tras 60 ciclos y como el cambio de aspecto sufrido por la roca (alteraciones, grietas, etc.).

La experiencia obtenida de la aplicación de este método, indica que es muy poco sensible para predecir el comportamiento de rocas, incluso de aquellas con baja cohesión y alta porosidad, por lo que, en caso de duda es preferible guiarse por el resultado de la resistencia a la cristalización de sales (ver apdo. 2.14.2 de esta Guía).

2.15. Reacción al fuego

Según el CTE DB-SI (Seguridad en caso de incendio) la reacción al fuego es la respuesta de un material al fuego, medida en términos de su contribución al desarrollo del mismo con su propia combustión, bajo condiciones específicas de ensayo. No debe confundirse con la resistencia al fuego, o capacidad de un elemento de construcción para mantener durante un período de tiempo determinado, la función portante que le sea exigible, así como la integridad y/o el aislamiento térmico en los términos especificados en el ensayo normalizado correspondiente.

Las Euroclases constituyen un sistema europeo único de clasificación de la reacción al fuego para los productos de la construcción, según su contribución a iniciar o propagar un fuego, generar humos, partículas o gotas incandescentes, etc. Se establecen siete niveles de clasificación: **A1, A2, B, C, D, E, F**, según su comportamiento al fuego (A correspondería a la situación más segura y E a la más peligrosa; F significa no clasificado). Estos niveles se completan con los parámetros **s** y **d**, que informan sobre la opacidad y velocidad de los humos (s1: sin desprendimiento de humos opacos; s3-elevada cantidad y velocidad de humos), y sobre la posible caída de gotas o partículas incandescentes (d0 sin producción de gotas, hasta d3).

La clasificación de los productos de construcción, en función de su comportamiento de reacción al fuego se establece en la norma UNE-EN 13501-1.

En el caso de productos de piedra natural, esta característica se debe declarar siempre según UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, cuando los productos estén destinados a aplacados de interior y exterior, y a pavimentos de interior. Para tales usos debe considerarse pues, que es de declaración obligatoria, y por tanto forma parte de la información de la declaración de prestaciones y el marcado CE. Sin embargo, no se ha considerado característica esencial en los pavimentos de exterior según UNE-EN 1341 y UNE-EN 12058.

El CTE DB-SI, sin embargo, especifica más detalladamente los usos para los que es exigible y las clases de reacción al fuego admisibles (tabla 57):

	Clase	
Elementos interiores (siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado)	Aplacados	Pavimentos
Zonas ocupables (incluyendo tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas; excluyendo el interior de viviendas)	C-s2,d0	E _{FL}
Pasillos y escaleras protegidos, uso hospitalario	B-s1,d0	C _{FL} -s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial	B-s1,d0	B _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos, tales como patinillos, falsos techos y suelos elevados (excepto dentro de las viviendas) etc. o que, siendo estancos, contengan instalaciones susceptibles de iniciar o de propagar un incendio	B-s3,d0	B _{FL} -s2
Medianerías y fachadas	Clase	
Materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda de 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque	B-s3,d2	
Cubiertas transitables	Clase	
Materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado exterior de las zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de fachada, del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m	B _{ROOF} (t1)	

Tabla 57. Especificaciones para la reacción al fuego según el CTE DB-SI.

De acuerdo con la Decisión de la Comisión 96/603/EC se considera que la piedra natural es de Clase A1 de reacción al fuego, con las siguientes excepciones:

- La piedra natural con un contenido en asfalto superior al 1% en masa o volumen, el que sea más oneroso y cuyo uso final esté sometido a legislación sobre fuego, se debe ensayar respecto a la reacción al fuego y clasificarse de acuerdo con la Norma UNE-EN 13501-1.
- Siempre que el tratamiento de la piedra natural implique la utilización de materiales de relleno orgánicos u otros productos similares para agujeros, discontinuidades, grietas naturales o similares, por encima del 1% en masa o volumen, el que sea más oneroso y que estas piedras tengan un uso final sometido a legislación sobre fuego, entonces se deben ensayar respecto a la reacción al fuego y clasificarse de acuerdo con la norma UNE-EN 13501-1.

Las normas UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058 establecen un plazo máximo 10 años para la repetición del ensayo de reacción al fuego. Dicho ensayo deberá ser llevado a cabo por un laboratorio autorizado.

2.16. Tactilidad

La tactilidad consiste en la descripción de los indicadores de superficie de pavimentos táctiles. Los pavimentos táctiles son pavimentos especiales que, a través del relieve superficial, transmiten información útil para el desplazamiento, la seguridad y los servicios a las personas con discapacidad visual.

La tactilidad es una característica regulada en la Orden VIV/561/2010. No obstante, comunidades autónomas y ayuntamientos han desarrollado regulación propia que deberá ser tenida en cuenta.

Es de declaración obligatoria por el fabricante en el marcado CE de baldosas para pavimentos táctiles de piedra natural de uso tanto interior o exterior, de acuerdo con los anexos Z de las normas UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058, no así en la norma UNE-EN 1341.

La Orden VIV/561/2010, Artículo 45 establece dos tipos de superficies táctiles:

- Superficie con botones de forma troncocónica de 4 mm altura máxima. Se usa para indicar entrada o salida de rampas y escaleras, los vados para peatones en cruces con tráfico rodado, las isletas y refugios para peatones y los bordes de los andenes.
- Superficie con acanaladuras rectas y paralelas de profundidad máxima 5 mm. Se usa para indicar dirección en el itinerario peatonal accesible, especialmente en espacios amplios con pocas referencias auditivas y táctiles (grandes superficies, plazas, parques, etc.), así como para indicar proximidad a elementos de cambio de nivel.

NOTA Para el resto de características dimensionales de las superficies de botones, la Orden VIV/561/2010 remite a la norma UNE 127029, actualmente anulada y sustituida por UNE-CEN/TS 15209 EX.

El CTE-DB SUA por su parte establece el uso de pavimentos táctiles de acanaladuras con relieve de altura 3 ± 1 mm en interiores y 5 ± 1 mm en exteriores, en zonas de uso público dentro de los edificios o en su entorno:

- Junto a los cambios de nivel que no excedan de 55 cm y que sean susceptibles de causar caídas.
- En el arranque de los tramos de escalera.

Existe por tanto cierta contradicción entre el tipo de relieve especificado por el CTE-DB SUA y la Orden VIV/561/2010.

Los métodos de medida y la designación codificada de las superficies táctiles se establecen en la especificación técnica europea UNE-CEN/TS 15209 EX. Esta designación consta de una serie de elementos, el primero de los cuales define el tipo de relieve, y los elementos consecutivos definen las dimensiones de los relieves. Se resumen en la tabla 58:

Tipo de relieve	superficie de botones	B1, B2a, B2b, B2c, B3 y B4
	superficie de bandas	R1, R2, R3, R4, R5 y R6
	superficie de acanaladuras	G1 y G2
Anchura del relieve en la base		WB1 ... WB16
Anchura superior del relieve		WT0 ... WT15
Espaciado entre los centros de los relieves		S1 ... S22
Altura del relieve		PH1 ... PH4

Tabla 58. Designación de superficies táctiles (simplificado) en UNE-CEN/TS 15209 EX.

Según UNE-CEN/TS 15209 EX las baldosas de pavimento táctil deben estar fabricadas de forma que el patrón de indicadores táctiles se mantenga entre baldosas adyacentes dentro de un rango de 0,5 a 1,6 veces el espaciado S (ver figura 2).

Por otra parte, el pavimento táctil, de acuerdo con la Orden VIV/561/2010, Artículo 45 y el CTE-DB SUA, deberá contrastar en color con el pavimento circundante, por lo que el productor debe tenerlo en cuenta durante la fabricación, seleccionando baldosas con buena homogeneidad en color, y deberá declararlo con suficiente detalle en el marcado CE. La indicación del color se puede realizar simplemente con el valor LRV (ver apdo. 2.1.1 de esta Guía).

2.16.1. Superficie táctil de botones

La superficie táctil de botones fijada por la legislación española (Orden VIV/561/2010 y UNE 127029) es de tipo B1 y tiene entre otras las siguientes especificaciones dimensionales:

- Diámetro inferior del botón: 25 ± 1 mm
- Diámetro superior del botón: 20 ± 1 mm
- Separación entre centros de botones: 50 ± 2 mm
- Altura del botón: 4 ± 1 mm

De acuerdo con UNE-CEN/TS 15209 EX dicha superficie de botones puede designarse como "B1 WB6 WT5 S9 PH2" (ver figura 2), donde:

- WB6 ≥ 25 a < 30 mm
- WT5 ≥ 20 a < 25 mm
- S9 ≥ 50 a < 55 mm
- PH2 = 4 mm

Esto puede dar lugar a malentendidos, ya que una baldosa con la designación "B1 W B6 WT5 S9 PH2" no necesariamente cumple la legislación española. Por tanto, se debe exigir al fabricante también conformidad con la Orden VIV/561/2010.

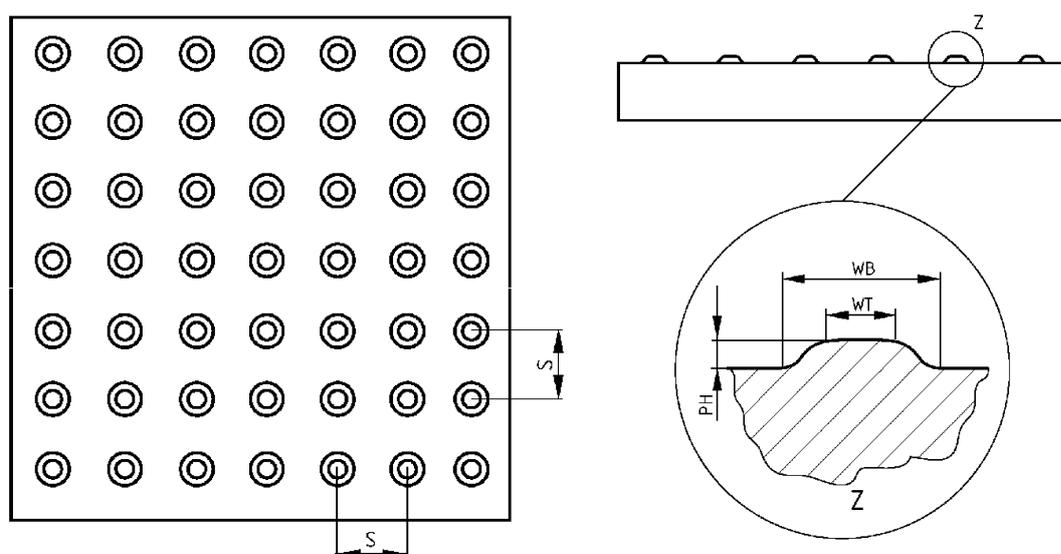


Figura 2. Ejemplo de relieve de botones tomado de UNE-CEN/TS 15209 EX

2.16.2. Superficie táctil de acanaladuras

La superficie táctil de acanaladuras no aparece claramente definida en la Orden VIV/561/2010, por lo que podrá ser con tipo de relieve "R3" o "G3" y altura de relieve de tipo PH3 (5 mm).

NOTA No obstante, el Anexo informativo B de UNE-CEN/TS 15209 EX da otras designaciones para los pavimentos táctiles recomendados en España, que no coinciden con las deducibles de la Orden VIV/561/2010:

- Superficie de botones: "B1 WB6 WT5 S9 PH3"
- Superficie de bandas: "R2 WB6 WT5 S9 PH3"

3. CONTROL DE RECEPCIÓN

El CTE Parte I establece (artículo 6) que el proyecto de edificación debe definir las características técnicas mínimas que deben reunir los productos que se incorporen de forma permanente en el edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el **control de recepción** que se deba realizar. En el transcurso de la obra (artículo 7) se deberá elaborar la documentación del control de calidad realizado, que en lo relativo a los productos de piedra natural comprenderá el control de la documentación aportada por el suministrador más los ensayos realizados durante el control de recepción, de acuerdo con el proyecto de edificación o a criterio de la dirección facultativa. Esta documentación del control de calidad será incluida (artículo 8) en el Libro del Edificio que establece la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE). Corresponde a las Comunidades Autónomas reglamentar el contenido y la forma de la documentación del control de calidad a incluir en el Libro del Edificio.

3.1. Control de la documentación

Los suministradores deben entregar la documentación del producto al constructor, quien a su vez la deberá facilitar al director de ejecución de la obra. Dicha documentación debe cumplir con las exigencias reglamentarias establecidas tanto en normas europeas de producto como en la legislación nacional, particularmente en el CTE, junto con cualquier exigencia adicional establecida en el proyecto.

El **mercado CE** del fabricante, establecido en las normas europeas UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 o UNE-EN 12058, para las placas y baldosas de piedra natural empleadas en aplacados o pavimentos, constituye la documentación obligatoria que tiene que acompañar al producto. La dirección técnica deberá recibir también la **declaración de prestaciones** del producto, firmada por la persona autorizada por la empresa fabricante. Junto a los anteriores, se puede exigir documentación técnica complementaria al mercado CE, de acuerdo con los términos que se establezcan en el contrato, incluyendo los informes de los ensayos de tipo, emitidos por laboratorios.

NOTA Los certificados de garantía del fabricante mencionados en el CTE Parte I, artículo 7, no son exigibles para los productos de piedra natural.

La declaración de prestaciones y el mercado CE presuponen la realización por el fabricante de los ensayos de tipo iniciales y la aplicación de un control de producción en fábrica. Para poder constatar que efectivamente se aplica dicho control de producción en fábrica, se podrá exigir la entrega de documentación adicional, incluyendo por ejemplo los procedimientos de control y registros generados. Cuando el fabricante disponga del certificado ISO 9001, éste podrá aceptarse como una prueba documental de la implantación del control de producción en fábrica.

El Reglamento UE 305/2011 de productos de construcción -ver Guía CONSTRUC./LC (RPC)- prevé algunas exenciones a la obligación de emitir la declaración de prestaciones, entre los que cabe mencionar la exención los productos "por unidad", o según la definición dada en el reglamento, "producto de construcción fabricado por unidad o hecho a medida en un proceso no en serie, en respuesta a un pedido específico e instalado en una obra única determinada por un fabricante". También se consideran exentos los "productos para conservación del patrimonio", en la medida en que se trate de productos singulares y específicos para la restauración de edificios históricos o artísticos.

Por otra parte, el Reglamento UE 305/2011 de productos de construcción establece la obligación del fabricante (artículo 11.6) de acompañar al producto con las **instrucciones y la información de seguridad**, pertinentes al uso, montaje, instalación, conservación, etc., así como a los posibles avisos y precauciones de seguridad, para que la prestación declarada se mantenga a condición de que el producto sea correctamente instalado. Esto resulta particularmente relevante para productos que se venden en forma de kits para su instalación final en obra.

NOTA Además, el Reglamento CE 1907/2006 (REACH) establece la obligación del fabricante que incorpora a su producto una sustancia química, y por tanto tiene la consideración de "usuario intermedio" en la terminología de este reglamento, de facilitar información a sus clientes sobre:

- Identificación de la sustancia
- Número de registro de la sustancia
- Riesgos
- Condiciones seguras de uso
- Medidas de gestión de riesgo adecuadas

La finalidad del control de la documentación es comprobar que los productos suministrados reúnen las características exigidas tanto en el CTE como en el pliego de condiciones del proyecto.

Debe comprobarse que los productos recibidos cumplen las siguientes condiciones:

- Se corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto.
- Disponen de la documentación exigida.
- Están caracterizados para las propiedades exigidas.

Será motivo suficiente de rechazo del material el hecho de que no cumpla alguna de ellas.

3.2. Control mediante ensayos

La verificación del cumplimiento de las exigencias tanto del CTE, como del pliego de condiciones del proyecto, puede hacer necesario en ciertos casos, realizar ensayos sobre los productos recibidos en obra. En cualquier caso, las condiciones del control de recepción mediante ensayos y los criterios de aceptación y rechazo deben ser conocidas y aceptadas por el suministrador.

No hay en la reglamentación, ningún sistema establecido de control de recepción mediante ensayos para las baldosas o placas de piedra natural, por lo que el plan de control deberá quedar definido en el proyecto. En él se deberá contemplar al menos los siguientes puntos:

- El método de muestreo.
- Los ensayos a realizar.
- Los criterios de aceptación y rechazo.
- Las acciones a adoptar en caso de rechazo.

Teniendo en cuenta la función estética a desempeñar por el aplacado o el pavimento de piedra natural, y la mayor relevancia en su comportamiento de algunas de sus propiedades (dimensionales, mecánicas y de seguridad de uso) se considera que el control mediante ensayos debería incluir las siguientes características:

- Aspecto o apariencia
- Características geométricas
- Resistencia a la flexión UNE-EN 12372 o UNE-EN 13161
- Resistencia al deslizamiento UNE-ENV 12633 (para suelos sujetos a requisitos de resbaladidad)
- Carga de rotura para anclajes UNE-EN 13364 o ETAG 034-1 apdo. 4.4.2.3.1 (para aplacados de fachadas ventiladas)

En cuanto al nivel de exigencia del control, puesto que los acabados de piedra natural -y en particular los solados- suelen aparecer entre las unidades de obra más afectadas por reclamaciones, se considera conveniente que se realice el control a partir de la primera vivienda o unidad de edificación, tomando como regla general un ensayo por cada suministro recibido en la misma fecha.

Además, a criterio de la dirección facultativa, pueden solicitarse controles para otras características, dependiendo de la importancia de los mismos en cada obra:

- Absorción de agua a presión atmosférica UNE-EN 13755
- Heladicidad UNE-EN 12371
- Resistencia a la abrasión UNE-EN 14157, método A (CAPON)
- Adherencia
- Resistencia al impacto UNE-EN 14158, ensayo tecnológico

3.2.1. Control de aspecto o apariencia

El control del aspecto o apariencia, teniendo en cuenta la gran importancia que se le da en el mercado a las cualidades estéticas de la piedra y su enorme variabilidad, debería aplicarse sobre el 100% de las piezas recibidas (UNE 22202-1).

No obstante, debido a la posible dificultad y el elevado coste que puede suponer un control exhaustivo, en función de las características particulares de la obra, puede reducirse tomando como lote una unidad de embalaje, extrayendo al azar de cada lote entre una y tres placas o baldosas.

El ensayo consiste en la inspección visual de las placas o baldosas seleccionadas en comparación con la "muestra de referencia" (ver apdo. 2.1.3 de esta Guía) entregada por el suministrador. Se realizará en condiciones de luz diurna, a la sombra, y a una distancia aproximada de 2 m. Se deberán comprobar las siguientes características de apariencia:

- Color o rango de colores.
- Estructura o textura de la roca (veteado, oxidaciones, etc.).
- Abundancia y tamaño de elementos naturales característicos (huecos, inclusiones, juntas, etc.).
- Acabado superficial, incluyendo los efectos del tratamiento con sustancias químicas (masillado) y la calidad del trabajo sobre esquinas, aristas, etc.
- Defectos no visibles en la muestra de referencia: roturas, oxidaciones, manchas, huecos, etc.

Las placas o baldosas recibidas con superficies no acabadas, cuando esté previsto su pulido *in situ*, pueden precisar por lo general, el mojado completo de la superficie, para poder ser observadas en condiciones de color parecidas a las que presentarán cuando estén pulidas.

Se considera motivo de rechazo la no correspondencia con la muestra de referencia de alguna de las características de apariencia o cualquier defecto visual observado en la muestra tomada. En caso de haber tomado dos muestras deberán ser correctas ambas, y cuando se tomen tres muestras, al menos dos de ellas han de ser correctas. En caso de rechazo de un lote o unidad de embalaje se puede acordar la devolución del mismo o bien la realización de un control al 100% de las placas o baldosas, rechazando aquellas que no cumplan.

Cuando se susciten dudas sobre la correspondencia del material recibido con el especificado, puede ser conveniente solicitar un examen petrográfico de acuerdo con UNE-EN 12407.

En el caso en que los suministros estén diferenciados en partidas homogéneas para las distintas estancias o viviendas, el control deberá realizarse en el momento de la colocación, observando el 100% de las placas o baldosas y rechazando o evitando colocar las piezas que desentonen en la estancia.

3.2.2. Control de las características geométricas

El control de las características geométricas puede requerir el empleo de procedimientos estadísticos para el diseño del muestreo, siendo el más universal el basado en la inspección por atributos de la norma UNE-ISO 2859-1. Mediante tales procedimientos es posible conocer el nivel de garantía de cumplimiento de

las tolerancias dimensionales y por tanto declararlo o acordarlo con el cliente. Dada la naturaleza de estas propiedades es asumible en la mayoría de los casos un nivel de garantía del 95%.

No obstante, cuando se desee simplificar el procedimiento de muestreo se podrá considerar como lote cada suministro recibido en la misma fecha, tomando al azar tres muestras; una de ellas de control y dos más de contraste.

Se realizarán medidas sobre la muestra de control, comprobando que se encuentran dentro de las tolerancias permitidas (ver apdo. 2.2.1 de esta Guía) para las siguientes propiedades dimensionales:

- Largo y ancho
- Espesor
- Escuadrado u ortogonalidad
- Opcionalmente se incluirán también las medidas de la rectitud de las aristas y de la planeidad de la cara vista.

Se considerará resultado negativo cuando se excedan cualquiera de las tolerancias dimensionales. Si los resultados de las muestras de control son positivos se aceptará el lote. En caso contrario se procederá a repetir las medidas en una de las muestras de contraste. Si en ésta los resultados fueran negativos, se rechazará el lote y si resultaran positivos, se repetiría la medición con la segunda muestra de contraste, aceptando el lote si el resultado es positivo y rechazándolo en caso contrario.

En caso de rechazo de un suministro, se puede acordar la devolución del mismo o bien la realización de un control por unidades de embalaje, rechazando sólo aquellas unidades que no cumplan.

3.2.3. Control de la resistencia a la flexión

El control de la resistencia a la flexión es de la máxima importancia, puesto que el comportamiento mecánico de las placas o baldosas depende fundamentalmente de esta propiedad. El formato de las placas o baldosas, especialmente su espesor, se decide a partir del valor de la resistencia a la flexión y de las cargas de uso previstas, por lo que resulta necesario que la resistencia a la flexión del material suministrado satisfaga los valores mínimos especificados en el proyecto.

Por ello el control se deberá efectuar a partir de la primera vivienda, unidad de edificación o suministro, contando con resultados antes de la colocación de la primera unidad de aplacado o pavimento. El muestreo por tanto se hará considerando como lote cada suministro de producto recibido en la misma fecha, tomando de él tres placas o baldosas al azar, cada una de ellas de una unidad de embalaje diferente.

Se ensayará la muestra formada preferiblemente por las tres placas o baldosas enteras o en su defecto, por tres piezas (lo mayores posibles) cortadas cada una de una placa o baldosa distinta. Se efectuará el ensayo de resistencia a la flexión bajo carga concentrada según la norma UNE-EN 12372, o en caso de rocas con importantes discontinuidades (juntas, laminaciones, etc.) o de tamaño de grano grueso, se realizará el ensayo de resistencia a la flexión a momento constante según la norma UNE-EN 13161, el cual ofrece resultados más fiables en rocas heterogéneas.

El resultado se considerará favorable cuando los resultados individuales de las tres placas o baldosas sean superiores al valor especificado en el proyecto para la resistencia a la flexión. En caso de que una de las tres placas o baldosas tenga resultado negativo, se procederá a repetir el ensayo con otras tres placas o baldosas, aceptando el resultado de este segundo ensayo de resultar favorable.

La dirección facultativa podrá decidir el cese o el espaciado del control para posteriores suministros, cuando los resultados de los primeros suministros hayan resultado satisfactorios, especialmente cuando la resistencia especificada en el proyecto se encuentre muy por debajo de la resistencia obtenida en el control.

En determinados casos, cuando exista experiencia previa satisfactoria de la aplicación de una variedad de piedra natural, es razonable sustituir el control mediante ensayos por un control documental.

3.2.4. Control de la resistencia al deslizamiento

El control de recepción en obra de esta característica se realiza a los productos que vienen acabados de fábrica y están sujetos a requisitos de resbaladidad. En este caso es obligatorio que la documentación de los mismos incluya el valor de la resbaladidad, y por lo tanto su control se limitará a la verificación documental. No obstante, la dirección facultativa puede requerir un control mediante ensayos para su verificación, en cuyo caso, dichos ensayos podrán efectuarse en laboratorio o *in situ* (recomendable), sobre el pavimento terminado en obra.

Los requisitos mínimos para dicha característica se establecen en el CTE DB-SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad), complementado con el documento CTE DA DB-SUA/3, en función del uso previsto (ver apdo. 2.6 de esta Guía).

Los pavimentos exteriores realizados con baldosas de superficies partidas (obtenidas por exfoliación, lajado o rotura) y en general con texturas de relieve superior a 1 mm, tales como flameada, abujardada, apiconada, etc. no requieren control de la resistencia al deslizamiento. Debe tenerse en cuenta que dichos acabados no hayan sido suavizados con un tratamiento superpuesto en fábrica (envejecido, cepillado, etc.).

El control no es aplicable para suelos o escaleras a los que se adhieran en obra láminas antideslizantes.

3.2.4.1. Control en laboratorio

Los ensayos de control de recepción para la resbaladidad se realizarán en laboratorio únicamente cuando las baldosas se instalen con el acabado superficial recibido de fábrica.

Cuando se realicen los ensayos en laboratorio, se debe seleccionar para el conjunto de la obra una única muestra representativa de cada producto, es decir, de cada variedad de piedra natural con un tipo de acabado, tomando 4 baldosas al azar, cada una de ellas de una unidad de embalaje y/o suministro diferente. El ensayo se debe realizar preferentemente con el método de la norma UNE-ENV 12633 (complementado con el documento CTE DA DB-SUA/3 para el ensayo en seco) siendo igualmente válidos los métodos UNE-EN 14231, UNE 41901 EX y CEN/TS 16165 Anexo C, siempre y cuando se emplee zapata de caucho 57 tanto para el ensayo en seco como en húmedo.

El valor de comparación con el requisito de clase establecido en el proyecto (según las clases 1 a 3 definidas en el CTE DB-SUA para el ensayo en húmedo, o según los requisitos mínimos establecidos en CTE DA DB-SUA/3 para el ensayo en seco) es el valor medio de la resbaladidad R_d de las baldosas ensayadas. Se aceptará el pavimento cuando el valor R_d satisfaga los requisitos establecidos (ver apdo. 2.6 de esta Guía).

Cuando el resultado obtenido sea desfavorable, se deberá repetir el ensayo con doble número de piezas en un laboratorio acreditado, aceptando el resultado de un segundo ensayo en caso de resultar éste favorable.

3.2.4.2. Control *in situ*

En el caso de pavimentos sujetos a requisitos de resbaladidad, cuyo acabado superficial se realiza en obra, por ejemplo, mediante el pulido *in situ* o mediante tratamientos químicos con ácidos u otros productos, se deberá realizar el control con ensayos en la propia obra.

Es recomendable efectuar el muestreo y llevar a cabo el ensayo en un área piloto durante las primeras etapas de colocación, sobre todo en las zonas sujetas a requisitos más exigentes, con el fin de limitar las consecuencias de un resultado negativo. En este caso, el control puede considerarse válido para el conjunto

de la obra, siempre que pueda documentar que no se han alterado durante el transcurso de la misma, el tipo y la procedencia de las baldosas ni el tratamiento superficial aplicado.

Se seleccionarán inicialmente al menos 4 superficies instaladas de cada tipo de pavimento colocado con una misma variedad de piedra natural y un determinado acabado superficial. Dicho pavimento no tiene por qué presentar continuidad ni encontrarse en un mismo recinto o edificio.

La selección de las superficies se hará al azar, procurando que se encuentren distribuidas en localizaciones alejadas entre sí, abarcando distintas áreas de la obra, evitando las zonas de borde contiguas a paredes, columnas, sanitarios u otras instalaciones, etc. y rampas o suelos con pendiente mayor de 6° donde no son realizables los ensayos. Las superficies seleccionadas deberán encontrarse completamente limpias de polvo, lechada o de cualquier otra impureza, evitando en lo posible las juntas entre baldosas. El péndulo debe colocarse con la dirección de oscilación paralela al tránsito.

Cuando la diferencia entre los valores obtenidos en distintas baldosas sea mayor de 8 unidades, se incrementará el número de superficies muestreadas hasta un mínimo de 8. Cuando el pavimento muestreado exceda de 500 m², deberá incrementarse el número de superficies seleccionadas a 8 o más unidades a juicio de la dirección técnica hasta un máximo de 12.

El ensayo se debe realizar preferentemente con el método de la norma UNE-ENV 12633 (complementado con el documento CTE DA DB-SUA/3 para el ensayo en seco). El ensayo se efectuará en obra, aunque dicha norma no ha previsto el ensayo *in situ*. Son también válidos los métodos UNE-EN 14231, UNE 41901 EX y CEN/TS 16165 Anexo C, siempre y cuando se emplee zapata de caucho 57 tanto para el ensayo en seco como en húmedo.

Los ensayos se deberán realizar por personal cualificado, mediante un equipo calibrado y empleando las zapatas de goma especificadas en la norma, dentro de su período de caducidad. La temperatura durante el ensayo deberá quedar registrada en el informe y no deberá exceder del intervalo entre 5°C y 40°C.

El valor de comparación con el requisito de clase establecido en el proyecto (según las clases 1 a 3 definidas en el CTE DB-SUA para el ensayo en húmedo, o según los requisitos mínimos establecidos en CTE DA DB-SUA/3 para el ensayo en seco) es el valor medio de la resbaladicidad R_d de las baldosas ensayadas. Se aceptará el pavimento cuando el valor R_d satisfaga los requisitos establecidos (ver apdo. 2.6 de esta Guía).

Cuando no se den las condiciones de aceptación, se optará, a juicio de la dirección técnica, por alguna de las siguientes acciones:

- Repetir el control encargando la realización de los ensayos a un laboratorio acreditado.
- Dividir en sectores el área muestreada para someterlos a un control independiente. Esta opción puede ser aplicable para grandes obras, cuando de los resultados individuales de las baldosas ensayadas se deduzca la existencia de cambios entre distintas zonas de la obra.
- Seleccionar un área reducida donde aplicar un cambio en el tratamiento superficial, mediante pulido con un abrasivo más grueso o mediante tratamiento químico de la superficie. Tras evaluar el cambio en sus condiciones tanto de aspecto como resbaladicidad, repetir el control de resbaladicidad y extender su aplicación al resto de la obra.
- La sustitución del pavimento puede ser necesaria cuando no se obtengan buenos resultados con las acciones anteriores, o puede ser la mejor opción para pequeñas unidades de pavimento, cuando el valor de la resbaladicidad se encuentre lejos del cumplimiento de los requisitos.

3.2.5. Control de la carga de rotura para anclajes

El control de la carga de rotura para anclajes es específico de placas de revestimiento para fachadas ventiladas. Puede ser aplicado para los anclajes de perno (ver apdo. 2.12.1 de esta Guía) o de riel (ver apdo. 2.12.2 de esta Guía). El control de esta propiedad es especialmente necesario en variedades de piedra de las

que no exista experiencia sobre su comportamiento en fachadas ventiladas, particularmente con el mismo espesor de placa. Las condiciones del control y los criterios de aceptación y rechazo deben ser acordados con el suministrador.

Cuando se realice, se debe seleccionar para el conjunto de la obra una única muestra representativa del producto, atendiendo sobre todo a criterios de espesor y de aspecto, compuesta por al menos 5 placas completas o fragmentos que muestren el canto donde va fijado el anclaje.

El ensayo debe realizarse en laboratorio de acuerdo con la norma UNE-EN 13364 o con el método ETAG 034-1 (apdo. 5.4.2.3.1), según se trate de anclajes de perno o anclajes de riel. Cuando se lleve a cabo el ensayo UNE-EN 13364, preferentemente se optará por el ensayo tecnológico, es decir, con el espesor de placa, diámetro de varilla y taladro, material de relleno del taladro, etc. semejantes a los proyectados.

El resultado se considerará favorable cuando los resultados individuales de 5 anclajes sean superiores al valor especificado en el proyecto para la carga de rotura para anclajes. En caso de que una de las cinco placas tenga resultado negativo, se procederá a repetir el ensayo con otras tres placas, aceptando el resultado de este segundo ensayo de resultar favorable.

Para sistemas de anclaje diferentes al anclaje de perno (el único cubierto por una norma europea), la documentación aportada podrá incluir el ETE del conjunto formado por las placas y los anclajes. En tal caso se debe verificar que las propiedades declaradas para el sistema se refieren específicamente a la variedad de piedra natural definida en el proyecto, y en caso contrario, exigir ensayos específicos para dicha variedad.

El ensayo de control de recepción de cualquier sistema de anclaje, puede realizarse en caso necesario en la propia obra. Para ello puede montarse un gato anclado a la fachada mediante al menos dos patas a ambos lados de la placa de piedra natural, provisto de un dinamómetro. La sujeción entre el gato y la placa de piedra natural se realiza mediante un adhesivo fuerte, con una superficie de adhesión de al menos 1/3 de la superficie de la placa. Otro sistema consiste en montar horizontalmente un segmento de aplacado y ejercer hasta rotura sobre una de las placas (la situada en posición central) una fuerza transmitida, por ejemplo, mediante un depósito de agua, asegurándose de que esté uniformemente distribuida sobre toda la superficie de la placa. Por dicho procedimiento se deberían ensayar al menos 3 placas, y en caso de que una tenga resultado negativo, se procederá a repetir el ensayo con otras tres placas aceptando el resultado de este segundo ensayo de resultar favorable.

3.2.6. Control de la absorción de agua a presión atmosférica

El control de la absorción puede aplicarse a los aplacados y pavimentos de piedra natural de zonas interiores especialmente sensibles a la humedad (ver apdo. 2.5.1 de esta Guía). Las condiciones del control y los criterios de aceptación y rechazo deben ser acordados con el suministrador.

Cuando se realice, se debe seleccionar para el conjunto de la obra una única muestra representativa del producto, atendiendo sobre todo a criterios de aspecto. La muestra se compondrá de al menos 6 placas o baldosas, o fragmentos de superficie $\geq 6 \times 6$ cm. El ensayo debe realizarse en laboratorio de acuerdo con la norma UNE-EN 13755, obteniéndose los resultados de absorción para cada una de las piezas, redondeados a 0,1%.

Se debe tomar en cuenta el valor individual más elevado de las 6 piezas, como valor de comparación con la especificación establecida en el plan de control. Cuando el resultado obtenido sea desfavorable, se deberá repetir el ensayo con doble número de piezas, procediendo a rechazar la partida cuando uno o más resultados individuales en este segundo ensayo superen el valor límite especificado.

3.2.7. Control de la heladicidad

El control de la heladicidad puede aplicarse en el caso de pavimentos y aplacados exteriores en zonas con riesgo de heladas (ver apdo. 2.8 de esta Guía) especialmente en variedades de piedra de las que no exista

experiencia sobre su comportamiento en el lugar de emplazamiento. Las condiciones del control y los criterios de aceptación y rechazo deben ser acordados con el suministrador.

Preferentemente se llevará a cabo el ensayo tecnológico (A) sobre un mínimo de 10 piezas representativas del producto, extraídas de placas o baldosas conforme a la norma UNE-EN 12372. El ensayo debe realizarse en laboratorio de acuerdo con la norma UNE-EN 12371, obteniéndose el valor mínimo esperado de la resistencia a la flexión E_R , tras ciclos de hielo/deshielo, redondeado a 0,1 MPa. El número de ciclos a realizar dependerá del uso previsto:

- 12 o 14 ciclos: aplacados
- 48 o 56 ciclos: pavimentos

Se observará el estado de alteración de las piezas después del ensayo, comparadas con las placas o baldosas no ensayadas.

Se podrá establecer un número superior de ciclos cuando las condiciones del emplazamiento lo hagan aconsejable, de acuerdo con el apdo. 2.8.1 de esta Guía.

La aceptación o el rechazo se hará atendiendo a dos criterios: en primer lugar, que el valor mínimo esperado de la resistencia a la flexión después de los ciclos de hielo/deshielo sea superior o igual al valor especificado en el proyecto para la resistencia a la flexión (ver apdo. 3.2.3 de esta Guía); en segundo lugar, que no se aprecien graves alteraciones de las piezas ensayadas, tales como desprendimientos, grietas, cambios de color, etc., de acuerdo con los criterios de aceptación seguidos en el control del aspecto (ver apdos. 2.1 y 3.2.1 de esta Guía).

3.2.8. Control de la resistencia a la abrasión

El control de la resistencia a la abrasión puede ser aplicado en los pavimentos exteriores para los cuales se prevea un uso intensivo, en lugares sometidos a exigencias de resbaladidad (ver apdos. 2.6 y 2.7 de esta Guía) especialmente en variedades de piedra de las que no exista experiencia sobre la durabilidad del acabado superficial antideslizante, o con carácter general en piedras de inferior dureza, como mármoles y calizas. Las condiciones del control y los criterios de aceptación y rechazo deben ser acordados con el suministrador.

Cuando se realice este control, se debe seleccionar para el conjunto de la obra una única muestra representativa del producto, compuesta por al menos 6 baldosas o fragmentos de superficie $\geq 10 \times 15$ cm. El ensayo debe realizarse en laboratorio de acuerdo con la norma UNE-EN 14157 método A (CAPON), obteniéndose el valor máximo esperado de la resistencia a la abrasión E_A , redondeado a 0,5 mm.

Cuando el resultado obtenido sea desfavorable, se deberá repetir el ensayo, aceptando el resultado de un segundo ensayo en caso de resultar éste favorable.

3.2.9. Control de la resistencia al impacto

A pesar de que no existen en el CTE requisitos reglamentarios para el valor de la resistencia al impacto, ni se contempla esta propiedad en las normas europeas armonizadas de aplacados y pavimentos de piedra natural (UNE-EN 1341, UNE-EN 1469, UNE-EN 12057 y UNE-EN 12058), se recomienda que se incluya en el plan de control de recepción, en el caso de pavimentos elevados registrables y de las fachadas ventiladas, puesto que se trata de una característica útil para estimar la aptitud de las placas y baldosas.

Cuando se realice este control, se debe seleccionar para el conjunto de la obra una única muestra representativa del producto, compuesta por al menos 6 placas o baldosas de las dimensiones especificadas en el proyecto. El ensayo debe realizarse en laboratorio de acuerdo con la norma UNE-EN 14158, optándose por el ensayo tecnológico y obteniéndose el valor medio de la energía de rotura de la placa o baldosa en Julios (J).

El resultado se comparará con los valores mínimos especificados en el proyecto, debiéndose repetir el ensayo cuando el resultado obtenido sea desfavorable. Finalmente se aceptará cuando el resultado de este segundo ensayo resulte favorable.

3.2.10. Control de la adherencia

El control de la adherencia entre la placa o baldosa y un adhesivo cementoso especificado puede ser aplicado cuando existan dudas sobre las propiedades de la cara de adhesión de la placa o baldosa, por ejemplo, en el caso de placas o baldosas con la cara inferior enmallada (cubierta por una malla embebida en resina) o en piedras con muy baja absorción o con la cara de adhesión pulida (ver apdo. 2.11 de esta Guía). Las condiciones del control y los criterios de aceptación y rechazo deben ser acordados con el suministrador.

Cuando se realice, se debe seleccionar para el conjunto de la obra una única muestra compuesta por cuatro placas o baldosas representativas del producto. Se preparará el adhesivo conforme a las instrucciones del fabricante y se pegarán a modo de sándwich, las caras de adhesión de cada dos placas o baldosas tomadas al azar, aplicando el espesor de adhesivo especificado y dejándolo curar el número de días prescrito.

Transcurrido este tiempo se cortarán 10 piezas cuadradas de 5x5 cm de la parte central de uno de los sándwiches y se someterán en laboratorio al ensayo de adherencia, siguiendo las partes aplicables de la norma UNE-EN 1348, obteniendo el valor medio, redondeado a 0,1 N/mm².

Cuando el resultado obtenido sea desfavorable, se deberá repetir el ensayo con otras 10 probetas cortadas del segundo sándwich, aceptando el resultado de este segundo ensayo en caso de resultar éste favorable.

4. BIBLIOGRAFÍA

AENOR AEN/CTN 22 SC5. Acta de reunión AEN/CTN 22 (minería y explosivos) SC5 "piedra natural" de 19-09-2006.

ANSI A137.1:2012 *American National Standard Specifications for Ceramic Tile.*

ASTM C99/C99M-09 *Standard test method for modulus of rupture of dimension stone.*

ASTM C503/C503M-10 *Standard specification for marble dimension stone.*

ASTM C568/C568M-10 *Standard specification for limestone dimension stone.*

ASTM C615/C615M-11 *Standard specification for granite dimension stone.*

ASTM C616/C616M-10 *Standard specification for quartz-based dimension stone.*

ASTM C629/C629M-10 *Standard specification for slate dimension stone.*

ASTM C1526-08(2014) *Standard specification for serpentine dimension stone.*

ASTM C1527-11/C1527M-11 *Standard specification for travertine dimension stone.*

ASTM D3167-10 *Standard test method for floating roller peel resistance of adhesives.*

BGI/GUV-I 8527 (2010) *Bodenbeläge für nassbelastete Barfußbereiche.* Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).

BS 8493:2008+A1:2010 *Light reflectance value (LRV) of a surface. Method of test.*

CEN/TR 17024:2017 *Natural stones - Guidance for use of natural stones.*

CEN/TS 16165:2016 *Determination of slip resistance of pedestrian surfaces. Methods of evaluation.*

Çobanolu, I.; Çelik, S.B.; Alkaya, D. (2010) *Correlation between wide wheel abrasion (capon) and Bohme abrasion test results for some carbonate rocks.* Sci. Res. Essays 2010, 5, 3398–3404.

CONSTRUC./LC (RPC) (octubre 2014) *Guía para la preparación de la documentación a elaborar por el fabricante para el marcado CE y la documentación a emitir por los organismos notificados.*

CTE CEC (v.2.1 actualización octubre 2011) *Catálogo de elementos constructivos del CTE.* Ministerio de Fomento.

CTE DA DB-SUA/3 (marzo 2014) *Documento de apoyo al documento básico DB-SUA Seguridad de utilización y accesibilidad. Resbaladidad de suelos.*

CTE DB-HE (2013) *Código técnico de la edificación. Documento básico HE. Ahorro de energía.*

CTE DB HR (2009) *Código técnico de la edificación. Documento básico HR. Protección frente al ruido.*

CTE DB-HS (2009) *Código técnico de la edificación. Documento básico HS. Salubridad.*

CTE DB SE-AE (2009) *Código técnico de la edificación. Documento básico SE-AE. Seguridad estructural. Acciones en la edificación.*

CTE DB-SI (2010) *Código Técnico de la edificación. Documento básico SI. Seguridad en caso de incendio.*

CTE DB-SUA (2010) *Código Técnico de la Edificación. Documento básico DUA. Seguridad de utilización y accesibilidad.*

CTE Parte I (2013) *Código técnico de la edificación. Parte I.*

Decisión de la Comisión 96/603/CE de 4 de octubre de 1996 por la que se establece la lista de productos clasificados en la clase A «sin contribución al fuego» previsto en la Decisión 94/611/CE por la que se aplica

el artículo 20 de la Directiva 89/106/CEE del Consejo sobre los productos de construcción (Texto pertinente a los fines del EEE).

DIN 51097:1992 *Testing of floor coverings; determination of the anti-slip properties; wet-loaded barefoot areas; walking method; ramp test.*

DIN 51130:2004 *Testing of floor coverings - Determination of the anti-slip properties - Workrooms and fields of activities with slip danger, walking method - Ramp test.*

Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción (89/106/CEE).

Directiva 93/68/CEE del Consejo de 22 de Julio de 1993 por la que se modifican las Directivas 87/404/CEE (recipientes a presión simples), 88/378/CEE (seguridad de los juguetes), 89/106/CEE (productos de construcción), 89/336/CEE (compatibilidad electromagnética), 89/392/CEE (máquinas), 89/686/CEE (equipos de protección individual), 90/384/CEE (instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático), 90/385/CEE (productos sanitarios implantables activos), 90/396/CEE (aparatos de gas), 91/263/CEE (equipos terminales de telecomunicación), 92/42/CEE (calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos), y 73/23/CEE (material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión).

EN 14157:2017 *Natural stone test methods - Determination of the abrasion resistance*

EN 16306:2013 *Natural stone test methods - Determination of resistance of marble to thermal and moisture cycles.*

EOTA Technical Report TR 001 (2003) *Determination of impact resistance of panels and panel assemblies.*

ETAG 034 parte 1 (abril 2012) *Guideline for European technical approval of kits for external wall claddings Part I: Ventilated cladding kits comprising cladding components and associated fixings.*

FEPA-Standard 42-1:2006 *Grains of fused aluminium oxide, silicon carbide and other abrasive materials for bonded abrasives and for general industrial applications Macrogrits F 4 to F 220.*

FEPA-Standard 42-2:2006 *Grains of fused aluminium oxide, silicon carbide and other abrasive materials for bonded abrasives and for general industrial applications Microgrits F 230 to F 2000.*

Guillespie, M R and Styles, M T. 1999: BGS Rock *Classification Scheme Volume 1. Classification of igneous rocks.* British Geological Survey Research Report (2nd edition). RR 99-06.

GUV-R 181 (2003) *Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr.* Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).

Hallsworth, CR and Knox R W O'B. 1999: BGS Rock *Classification Scheme Volume 3. Classification of sediments and sedimentary rocks.* British Geological Survey Research Report. RR 99-03.

INSHT (2003) *Guía técnica para la evaluación de riesgos relativos a la manipulación manual de cargas.* Real Decreto 487/1997, de 14 de abril. B.O.E. nº 97, de 23 de abril.

ISO 7892:1988 *Vertical Building Components - Impact Resistance - Impact Bodies and general Test Procedures.*

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

NF B 10-601:2006 *Produits de carrières Pierres naturelles. Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles.*

NF DTU 52.2 *Pose collée des revêtements céramiques et assimilés – pierres naturelles.*

NCSE-02 (2002). Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.

NTE EFP (1979). Estructuras. Fábrica de piedra.

NTE RPC (1973). Revestimientos de paramentos. Chapados.

NTE RSR (1984) Revestimientos de suelos y escaleras. Piezas rígidas.

Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.

PNE 41901:2015 Superficies para tránsito peatonal. Determinación de la resistencia al deslizamiento por el método del péndulo de fricción.

Reglamento UE 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE.

Reglamento CE 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia europea de sustancias y preparados químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento CEE 793/93 del Consejo y el Reglamento CE 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión.

Robertson, S. 1999: BGS Rock *Classification Scheme Volume 2. Classification of metamorphic rocks*. British Geological Survey Research Report. RR 99-02.

Ross, K. D. y Butlin R. N. (1989) *Durability tests for building stone*. BRE 141

UNE 22202-1:2011 Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 1: Baldosas para pavimentación de suelos y escaleras.

UNE 22202-1:2011 ERRATUM:2011 Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 1: Baldosas para pavimentación de suelos y escaleras.

UNE 22202-2:2011 Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 2: Adoquines para pavimentación.

UNE 22202-2:2011 ERRATUM:2011. Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 2: Adoquines para pavimentación.

UNE 22202-3:2011 Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 3: Bordillos y otras unidades complementarias para pavimentación.

UNE 22202-4:2011 Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 4: Pavimentos elevados registrables.

UNE 22202-4:2011 ERRATUM:2011 Productos de piedra natural. Construcción de pavimentos con piedra natural. Parte 4: Pavimentos elevados registrables.

UNE 22203:2011 Productos de piedra natural. Construcción de aplacados de fachadas con piedra natural.

UNE 41901:2017 EX Superficies para tránsito peatonal. Determinación de la resistencia al deslizamiento por el método del péndulo de fricción. Ensayo en húmedo.

UNE 41902:2017 EX Superficies para tránsito peatonal. Determinación de la resistencia al deslizamiento por el método del péndulo de fricción. Ensayo en seco.

UNE 41957-1:2000 Anclajes para revestimiento de fachadas de edificios. Parte 1: Subsistemas para revestimientos ligeros. [Norma anulada en 2013, no reemplazada]

UNE 127029:2002 Baldosas táctiles prefabricadas de hormigón. [Norma anulada en 2009]

- UNE-CEN/TS 15209:2009 EX Indicadores para pavimentos de superficie táctil de hormigón, arcilla y piedra natural.
- UNE-EN 771-6:2012+A1:2016 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 6: Piezas de piedra natural.
- UNE-EN 1324:2008 Adhesivos para baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la cizalladura de los adhesivos de dispersión.
- UNE-EN 1338:2004 Adoquines de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1341:2013 Baldosas de piedra natural para uso como pavimento exterior. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1342:2013 Adoquines de piedra natural para uso como pavimento exterior. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1343:2013 Bordillos de piedra natural para uso como pavimento exterior. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1348:2008 Adhesivos para baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a tracción de los adhesivos cementosos.
- UNE-EN 1469:2015 Piedra natural. Placas para revestimientos murales.
- UNE-EN 1745:2013 Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar las propiedades térmicas.
- UNE-EN 1926:2007 Métodos de ensayo para la piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial.
- UNE-EN 1936:2007 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la densidad real y aparente y de la porosidad abierta y total.
- UNE-EN 1991-1-4:2007 Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones del viento.
- UNE-EN 12003:2009; Adhesivos para baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la cizalladura de los adhesivos de resinas reactivas.
- UNE-EN 12004:2008+A1:2012 Adhesivos para baldosas cerámicas. Definiciones y especificaciones.
- UNE-EN 12057:2005 Productos de piedra natural. Plaquetas. Requisitos.
- UNE-EN 12057:2015 Productos de piedra natural. Plaquetas. Requisitos.
- UNE-EN 12058:2005 Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras. Requisitos.
- UNE-EN 12058:2015 Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras. Requisitos.
- UNE-EN 12326-1:2015 Productos de pizarra y piedra natural para tejados y revestimientos discontinuos. Parte 1: Especificaciones de producto.
- UNE-EN 12370:1999 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la cristalización de las sales.
- UNE-EN 12371:2011 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la heladicidad.
- UNE-EN 12372:2007 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la flexión bajo carga concentrada.
- UNE-EN 12407:2007 Métodos de ensayo para piedra natural. Estudio petrográfico.
- UNE-EN 12440:2008 Métodos de ensayo para piedra natural. Denominación de la piedra natural.

UNE-EN 12670:2003 Piedra natural. Terminología.

UNE-EN 12825:2002 Pavimentos elevados registrables.

UNE-EN 13161:2008 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la flexión a momento constante.

UNE-EN 13373:2003 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de las características geométricas de las unidades.

UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

UNE-EN 13755:2008 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la absorción de agua a la presión atmosférica.

UNE-EN 1392:2007 Adhesivos para piel y materiales para calzado. Adhesivos en base disolvente y en dispersión. Métodos de ensayo para medir la resistencia de la unión en condiciones específicas.

UNE-EN 14066:2014 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia al envejecimiento por choque térmico.

UNE-EN 14146:2004 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación del módulo de elasticidad dinámico (con la medida de la frecuencia de resonancia fundamental).

UNE-EN 14147:2004 Métodos de ensayo para la piedra natural. Determinación de la resistencia al envejecimiento por niebla salina.

UNE-EN 14157:2005 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la abrasión.

UNE-EN 14158:2004 Métodos de ensayo de piedra natural. Determinación de la energía de rotura.

UNE-EN 14231:2004 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia al deslizamiento mediante el péndulo de fricción.

UNE-EN 14579:2005 Métodos de ensayo para piedra natural: Determinación de la velocidad de propagación del sonido.

UNE-EN 14581:2006 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación del coeficiente lineal de dilatación térmica.

UNE-EN 16140:2011 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la sensibilidad a los cambios en la apariencia producida por ciclos térmicos.

UNE-EN 16301:2014 Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la sensibilidad a las manchas accidentales.

UNE-EN ISO 2813:2015 Pinturas y barnices. Determinación del índice de brillo especular a 20°, 60° y 85°.

UNE-EN ISO 4287:1999 Especificación geométrica de productos (GPS). Calidad superficial: Método del perfil. Términos, definiciones y parámetros del estado superficial.

UNE-EN ISO 10456:2012 Materiales y productos para la edificación. Procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño.

UNE-EN ISO 11644:2009 Cuero. Ensayo de adhesión del acabado.

UNE-EN ISO 11998:2007 Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia al frote en húmedo y de la aptitud al lavado de los recubrimientos.

UNE-EN ISO 12572:2002 Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua.

UNE-ENV 12633:2003 Método de la determinación del valor de la resistencia al deslizamiento / resbalamiento de los pavimentos pulidos y sin pulir.

UNE-ISO 2859-1:2012 Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA).