

GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE FACHADAS DE PIEDRA NATURAL



Fundación Centro Tecnológico
do Granito de Galicia

cluster
del granito



Guía para el diseño, construcción y mantenimiento de fachadas de piedra natural

Guía para el diseño, construcción y mantenimiento de fachadas de piedra natural

Ficha de catalogación bibliográfica

Guía para el diseño, construcción y mantenimiento de fachadas de piedra natural

1.^a edición

Ideaspropias Editorial, Vigo, 2012

ISBN: 978-84-9839-414-6

Formato: 17 x 24 cm • Páginas: 122

GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE FACHADAS DE PIEDRA NATURAL.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

DERECHOS RESERVADOS 2012, respecto a la primera edición en español, por
© Ideaspropias Editorial.

Depósito legal: VG 774-2012

© Entidad promotora: Fundación Centro Tecnológico do Granito de Galicia (FCTGG).

© Dirección técnica: Javier De la Puente Crespo (ingeniero industrial, Universidad de Vigo y Fundación Serafín Ocaña) y Fernando López González-Mesones (doctor ingeniero de minas, Universidad Politécnica de Madrid).

© Equipo técnico: Natalia Núñez Duro (arquitecta FCTGG), Eva Portas Fernández (arquitecta técnica FCTGG) y Luis Caride Tesouro (ingeniero técnico industrial G.O.C., S.A.).

Traductor: Daniel Saavedra Toral.

Impreso en España - Printed in Spain

Ideaspropias Editorial ha incorporado en la elaboración de este material didáctico citas y referencias de obras divulgadas y ha cumplido todos los requisitos establecidos por la Ley de Propiedad Intelectual. Por los posibles errores y omisiones, se excusa previamente y está dispuesta a introducir las correcciones pertinentes en próximas ediciones y reimpressiones.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	9
INTRODUCCIÓN	11
1. La piedra para la construcción de fachadas	13
1.1. Breve reseña histórica	15
1.2. Denominación de la piedra natural	16
1.3. Variedades de piedra natural	17
1.4. Acabados superficiales	18
1.5. Ventajas de la piedra para la construcción de fachadas	19
1.6. Formatos empleados en fachadas	21
1.6.1. Placas para revestimiento	21
1.6.2. Plaquetas	22
2. Controles sobre la piedra natural	25
2.1. El mercado CE	27
2.2. Requisitos de control	28
2.2.1. Requisitos dimensionales	29
2.2.2. Resistencia a la flexión	30
2.2.3. Resistencia a los anclajes	30
2.2.4. Absorción de agua a presión atmosférica	31
2.2.5. Coeficiente de absorción de agua por capilaridad	31
2.2.6. Resistencia a la heladicidad	31
2.2.7. Resistencia al envejecimiento por choque térmico	32
2.2.8. Sensibilidad a los cambios en la apariencia producida por ciclos térmicos	32
2.2.9. Resistencia del mármol a los ciclos de calor y humedad	32
2.2.10. Resistencia al impacto de cuerpos duros	32
2.2.11. Determinación de la densidad aparente y de la porosidad abierta	33
2.2.12. Denominación petrográfica	33
2.2.13. Reacción al fuego	33
2.2.14. Cristalización de sales solubles	33
2.2.15. Aspecto	34
3. Legislación y normativa de aplicación	37
3.1. Ley de Ordenación de la Edificación (LOE)	39
3.2. Código Técnico de la Edificación (CTE)	39
3.3. Borrador de la guía EOTA	40
3.4. Documento de Idoneidad Técnica (DIT)	40
3.5. Documento de Adecuación al Uso (DAU)	40
3.6. Otras normativas	40
4. El proyecto de fachadas	45
4.1. Selección de la piedra	47
4.2. Aplacados sin cámara de aire	47

4.2.1. Aplacados con plaquetas fijadas con morteros de cemento o adhesivos	48
4.2.2. Aplacados fijados con mortero/adhesivo y varillas de retención o seguridad	49
4.2.3. Aplacados con fijación mecánica y relleno de trasdós con mortero bastardo	50
4.3. Aplacados con fijación mecánica: la fachada ventilada	52
4.3.1. Soporte	52
4.3.2. Aislamiento	53
4.3.3. Cámara de aire	54
4.3.4. Anclajes	55
4.3.5. Juntas	62
4.4. Estanqueidad al agua	62
4.4.1. Estanqueidad en fachadas ventiladas	62
4.4.2. Grado de impermeabilidad	63
4.5. Estabilidad al fuego	63
4.6. Condiciones acústicas	63
4.6.1. Aislamiento a ruido de los elementos mixtos	63
4.6.2. Efecto de la forma de la fachada en su aislamiento a ruido aéreo	64
4.6.3. Ventanas y sus requisitos en el proyecto arquitectónico	64
5. Cálculo de la fachada	67
5.1. Acciones sobre el aplacado	69
5.1.1. Peso propio	69
5.1.2. Determinación de la presión del viento	69
5.1.3. Determinación de las acciones sísmicas	71
5.2. Reparto de cargas en los anclajes para su selección	72
5.2.1. Reparto de cargas en junta horizontal	72
5.2.2. Reparto de cargas en junta vertical	72
5.3. Cálculo del espesor de las placas	74
5.3.1. Esfuerzos de flexión sobre la placa	74
5.3.2. Esfuerzos cortantes sobre la placa en el punto de anclaje	75
5.3.3. Espesor requerido para soportar las acciones de impacto	76
6. Ejecución de las fachadas	81
6.1. Criterios generales de puesta en obra	83
6.2. Almacenamiento en obra	84
6.3. Fachadas con aplacados de piedra natural sin cámara	85
6.3.1. Aplacados fijados con adhesivos	85
6.3.2. Aplacados fijados con mortero/adhesivo y varillas de retención	87
6.3.3. Aplacados con fijación mecánica y relleno de trasdós	87
6.4. Fachada ventilada	88
6.4.1. Replanteo	88
6.4.2. Colocación de escuadras	89
6.4.3. Colocación de perfilería metálica	89

6.4.4. Colocación de aislamiento térmico	89
6.4.5. Colocación de la cámara de aire	90
6.4.6. Fijación del sistema de anclaje al soporte	90
6.4.7. Ejecución de puntos singulares	92
7. Control de calidad	97
7.1. Aspectos normativos	99
7.1.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)	99
7.1.2. Productos afectados por la Directiva de Productos de la Construcción (DPC)	100
7.2. Controles previos al suministro de la piedra	101
7.3. Controles de recepción en obra	102
7.3.1. Muestreo de control	102
7.4. Controles de ejecución	104
8. Mantenimiento, limpieza y conservación	107
8.1. Pautas de mantenimiento y conservación	109
8.2. Pautas y tipología de los métodos de limpieza	109
9. Elaboración de presupuestos	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

PRESENTACIÓN

La siniestralidad arquitectónica que se produce hoy en día en las distintas modalidades de aplacados de fachadas construidas con piedra natural tiene su origen, fundamentalmente, en la ausencia de los conocimientos necesarios para interpretar debidamente los resultados de los ensayos de caracterización del material, en errores cometidos en el diseño constructivo y, sobre todo, en la falta de controles suficientes durante la puesta en obra.

En esta guía para el diseño, construcción y mantenimiento de fachadas de piedra natural se abordan ordenadamente, y siguiendo un proceso lógico, las tres causas de patologías citadas: estudio de la piedra a partir de ensayos de laboratorio, cálculo del diseño constructivo propuesto por el proyectista y control de recepción en obra, tanto de los materiales como de las unidades de ejecución.

También, se han incluido indicaciones sobre el significado práctico del marcado CE, los aspectos normativos y legales relacionados con los materiales y el mantenimiento de las fachadas.

El último capítulo muestra, además, la llamada «base de precios del granito». Se trata de una aplicación en Formato de Intercambio Estándar de Bases de Datos para la Construcción (FIEBDC) que permite obtener la descripción completa y el precio aproximado de cada partida de obra que incorpora granito.

Todo ello explicado en términos sencillos, fácilmente interpretables por los prescriptores, pues es a ellos a los que va dirigida principalmente esta publicación.

José Ángel Lorenzo Ramírez
Coordinador FCTGG

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, Galicia es el líder indiscutible en la producción de granito en bruto de España. En las canteras gallegas se extraen cada año en torno a 800 000 bloques de granito, equivalente al 92 % del total nacional. Asimismo, la comunidad encabeza la transformación de granito en España. Los once millones de metros cuadrados de productos elaborados en Galicia cada año representan el 78 % del total de la producción española.

En la comunidad autónoma se cuenta con una materia prima de calidad, con una industria de transformación tecnológicamente muy avanzada, considerada como la segunda más importante de Europa y la cuarta del mundo, lo que ha permitido el reconocimiento internacional de los mercados, favoreciendo así, cambios económicos, sociales y tecnológicos muy relevantes para los productores de toda España.

Asimismo, cabe destacar que las empresas gallegas también importan bloques granito en bruto, procedentes de diferentes países que se transforman en productos acabados en sus fábricas, todo ello con la garantía de la amplia experiencia adquirida después de muchos años de trabajo con este material excepcional.

El granito se ha utilizado ampliamente en construcción gracias a sus inherentes propiedades físicas e indudables cualidades estéticas. Su campo de aplicación abarca desde la edificación residencial a la obra civil.

La utilización de la piedra para la construcción de aplacados de fachadas constituye una nueva concepción del uso de este material cuyo origen radica en un cambio drástico y fundamental del concepto masivo tradicional

de los paramentos verticales de los edificios por otro, básicamente epidérmico, sin función estructural, y que se inicia a partir de Mies van der Rohe.

En la actualidad, los revestimientos de las fachadas de los edificios conforman sistemas constructivos en donde la piedra natural, además de aportar su excepcional valor estético, confiere muchas de sus características como el aislamiento térmico y acústico, la durabilidad y la protección de la fachada frente a las solicitaciones externas medioambientales.

En conclusión, las fachadas ventiladas de granito suponen el último paso en cuanto a la evolución de los avances técnicos y a la especialización en el uso de este material.

1.

LA PIEDRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FACHADAS

La piedra constituye uno de los materiales más bellos que nos aporta la naturaleza, su valor único realza la exclusividad de cada pieza empleada y su buen comportamiento frente al paso del tiempo nos traslada a la huella de nuestros antepasados.

Hoy en día, este producto natural aporta infinidad de posibilidades de diseño gracias a la extensa gama de variedades existentes en el mercado y a las nuevas tecnologías de corte y acabado superficial.

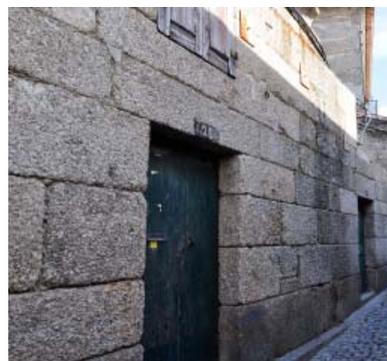
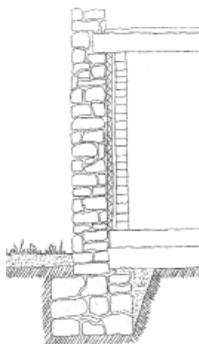
Frente a otros materiales, la piedra destaca, sobre todo, por su elevada resistencia y su excelente durabilidad.



1.1. Breve reseña histórica

El muro de carga de piedra natural, como estructura portante, constituye la referencia histórica de los sistemas tradicionales de fachada.

Estas fachadas, caracterizadas por su trabajo a compresión, soportan grandes cargas que se van transmitiendo desde la coronación del muro hasta el cimiento, solución estable y duradera debido a su solidez que proporciona un aislamiento eficaz gracias a su gran inercia térmica.



Constitución de un muro de fachada tradicional

Con la llegada del siglo xx la búsqueda de nuevas formas arquitectónicas, del ahorro de costes y de la facilidad y rapidez en el montaje de las fachadas, se inicia la tendencia de aligerar las construcciones desarrollando estructuras porticadas de acero u hormigón. Ello supone restarle masa a la piedra convirtiéndola en un mero revestimiento.

Entonces, el muro autoportante de piedra se reemplaza por esqueletos en los que la piedra actúa como revestimiento en forma de placas, denominados aplacados, consiguiendo así fachadas cada vez más esbeltas. Con todo, todavía hay muchos ejemplos de arquitectura contemporánea que utilizan la piedra en espesor como son los muros o las fachadas de sillería y mampostería.

Los aplacados de piedra en fachada se comienzan a emplear de manera semejante a la tradición constructiva grecorromana en la que la piedra revestía obras de fábrica de baja calidad pegando placas de granito directamente a

la estructura portante mediante mortero de agarre y anclajes. Esto, inicialmente, suponía un problema, ya que se insertaban en la estructura sin tener en cuenta el comportamiento mecánico del edificio.

- Una hoja interior, denominada soporte, que se apoya en la estructura portante del edificio. Como su nombre indica esta hoja sirve de soporte al cerramiento exterior gracias a un sistema de anclaje.

Fachadas construidas con diferentes variedades de piedra



Un nuevo avance en este tipo de fachadas consistió en dejar una cámara de aire entre el aplacado y la estructura que evitaba los problemas producidos por las dilataciones térmicas y por el agua de lluvia. Más tarde, y para mejorar el aislamiento térmico, se coloca un material aislante en la cámara de aire sobre el soporte interior que se apoya en la estructura del edificio.

Resulta importante mencionar que la fachada ventilada mejora a la tradicional en cuanto al aislamiento acústico, protección térmica, estanqueidad, estabilidad y limitaciones de uso.

Nace entonces la solución de **fachada ventilada** que se basa en un principio constructivo denominado «rain screen» que G.K. Garden¹ desarrolló en los años sesenta. Esta fachada contemporánea está formada por:

- Una hoja exterior delgada continua e independiente de la hoja interior del cerramiento para poder deformarse libremente. Constituye la imagen exterior del edificio.
- Una cámara ventilada y continua cuya misión es mantener ventiladas las hojas interior y exterior para evacuar la humedad que se pueda producir entre ellas.
- Una capa de aislamiento térmico adherida a la hoja interior del cerramiento.

1.2. Denominación de la piedra natural

En el momento de abordar cualquier proyecto, la piedra debe ser clasificada, desde un inicio, de acuerdo con la normativa europea vigente desde dos puntos de vista: la clasificación científica o petrográfica y la clasificación o denominación comercial.

La **identificación científica o petrográfica** fija grupos de clasificación con particularidades comunes, tanto físicas como químicas, para servir de base no solo a la

¹ En 1963 publica un estudio argumentando cómo el principio de fachada ventilada serviría para solventar la entrada de agua a través de los cerramientos.

denominación comercial, sino también al establecimiento de criterios previos de evaluación sobre el comportamiento de la roca en las diferentes aplicaciones.

En cambio, la **denominación comercial** la establece el fabricante según la estrategia de *marketing* que considere más idónea para su producto.

A grandes rasgos, las **rocas más utilizadas en construcción** son:

- **Granito:** roca cristalina de origen magmático con buena resistencia a la compresión y al desgaste por abrasión, así como un excelente comportamiento medioambiental.
- **Mármol:** roca carbonatada de naturaleza metamórfica, formada por cristales de calcita o dolomita, con textura compacta y cristalina, susceptible de buen pulimento. Presenta buena resistencia a flexión y compresión y, en menor cuantía, al desgaste por abrasión.
- **Caliza:** roca de origen sedimentario formada por cristales de carbonato cálcico, aunque menos cristalina que el mármol. Frecuentemente, se presentan en forma de variedades bioclásticas con abundancia de restos de conchas fósiles.
- **Arenisca:** roca de origen sedimentario constituida por arenas de cuarzo, feldspatos, etc., unidas mediante un cemento de composición variable.
- **Cuarcita:** roca de naturaleza metamórfica constituida por cristales de cuarzo. Presenta una muy buena resistencia al desgaste por abrasión.
- **Pizarra/filita:** roca de origen metamórfico formada a partir de sedimentos arcillosos. Tiene una muy elevada resistencia a la flexión, aunque algunas variedades pueden presentar riesgo de lajado.

1.3. Variedades de piedra natural

La internacionalización del mercado permite, hoy en día, ofrecer un amplísimo catálogo de piedras a los proyectistas, donde siempre es posible encontrar la variedad adecuada que satisfaga las necesidades de diseño de cualquier proyecto.

La diversidad de colores, tonalidades, texturas y acabados que este material singular puede ofrecer le sitúa muy por encima de otro tipo de productos, con la peculiaridad, además, de que cada pieza es única.



Como herramienta de consulta para los prescriptores, en la página web www.clustergranito.com se ofrece una relación de empresas pertenecientes al Cluster del Granito con toda la información necesaria acerca de cada fabricante; variedades, acabados y formatos de piedra, etc.

1.4. Acabados superficiales

El acabado superficial de una piedra constituye la piel de una fachada y representa, junto con el tamaño y variedad petrográfica, sus señas de identidad.

Los acabados superficiales están en permanente evolución porque las técnicas actuales de este tipo de tratamientos, así como la capacidad investigadora de las empresas al respecto, avanzan rápidamente. Los **acabados superficiales** más habituales son los siguientes:

- **Pulido:** acabado cuyo aspecto final se consigue por medio de poteas, ceras, etc., que proporcionan un aspecto de brillo espejo.
- **Apomazado:** acabado con muelas de granulometría variable, lo que proporciona una superficie lisa de aspecto más o menos mate.

Acabados superficiales más relevantes



Pulido



Apomazado



Abujardado



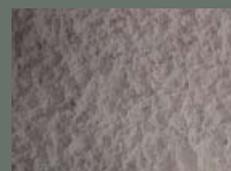
Flameado



Partido



Lajado



Arenado



Cepillado



Aserrado

- **Abujardado:** se efectúa por medio de bujardas de geometría variable o ruedas provistas de picas que golpean la superficie de la piedra, lo que ofrece un acabado rugoso.
- **Flameado:** se realiza con lanza térmica lo que proporciona un acabado rugoso por saltado de microlajas con el resultado de una superficie muy estable sin riesgo de desprendimiento.
- **Partido:** se obtiene por tronzado con una máquina de cizalla, lo que proporciona un acabado muy irregular y rugoso.
- **Lajado:** se trata de un lajado natural de la piedra realizado a través de los planos de sedimentación o de esquistosidad cuando la piedra dispone de este tipo de anisotropías. Resulta así un acabado que ocasionalmente presenta lajas adheridas con riesgo de desprendimiento lo que requiere de un control riguroso que evalúe su estabilidad.
- **Arenado:** es un tratamiento con chorro de arena que facilita una superficie de aspecto rugoso pero suavizada por la abrasión del árido.
- **Cepillado:** acabado similar al arenado pero, en este caso, se emplean para el acabado final cepillos de fibra revestidos de partículas metálicas.
- **Aserrado:** se obtiene por corte con disco de diamante o fleje de telar.

1.5. Ventajas de la piedra para la construcción de fachadas

Las fachadas construidas con **piedra natural** presentan numerosas ventajas respecto a otros productos competidores. Tres son las características básicas que invitan a utilizar este material: su belleza, su excelente durabilidad y sus amplísimas posibilidades de diseño, lo que se traduce en las siguientes **ventajas:**

- **Excelentes propiedades físicas:** la buena resistencia a la flexión de la piedra, especialmente el granito, lo convierte en un material de construcción extremadamente firme y consistente. Lo mismo se puede decir de la resistencia a los anclajes, lo que para la durabilidad de un aplacado sometido a esfuerzos importantes resulta primordial.
- **No es inflamable:** la piedra natural es clase A1 de reacción al fuego lo que clasifica al material como «no combustible, sin contribución en grado máximo al fuego». En caso de incendio, la piedra natural no libera sustancias nocivas para la salud.
- **Excelentes características intrínsecas:** la piedra es casi el único material de construcción que se coloca tal como sale de la naturaleza sin cambios químicos, de estructura o composición.
- **Diversidad de texturas y rugosidades:** conseguidas a través de los numerosos acabados superficiales que afectan, sobre todo, al resultado estético de la fachada.

- **Variación de tramas y cromatismos:** obtenidas gracias a una gran diversidad de tamaños, formas y tratamientos superficiales, fruto, todo ello, de un desarrollo tecnológico que no cesa de sorprender a los prescriptores, los cuales pueden así disponer de una oferta prácticamente ilimitada de productos con los que adaptarse a cualquier ambiente.
- **Posibilidad de grandes formatos:** igual que algunos otros materiales utilizados para fachadas, la piedra puede ofrecer formatos de grandes dimensiones.
- **Bajo coste de mantenimiento:** considerando los costes totales de un material de construcción a lo largo de una vida de treinta años o más, la piedra natural no es más cara que otros materiales. Los costes de inversión se compensan con los bajos costes de mantenimiento y de su larga vida útil.
- **Contemporaneidad:** en la actualidad la piedra se está convirtiendo en un material de empleo común en las construcciones contemporáneas. Gracias a la moderna técnica industrial, se abre un gran número de posibilidades para el diseño arquitectónico.
- **Sostenibilidad:** el proceso de transformación de la piedra requiere consumos energéticos claramente más reducidos que muchos otros materiales como la cerámica o el hormigón. El ciclo de vida de la piedra se completa con la ventaja de poseer una gran capacidad de reutilización.

Se estima que en los edificios se consume hasta el 50 % de toda la energía disponible para el usuario. En este sentido, la piedra natural en general, y el granito en particular, requieren, a diferencia de otros materiales utilizados para el recubrimiento de fachadas como la cerámica y el hormigón, de consumos energéticos más reducidos derivados de su origen natural, sin apenas transformación de la materia prima extraída de las canteras.



Corte de placas a partir de un tablero



Bloques de cantera fragmentados en tableros

En la tabla que aparece a continuación se recogen los datos sobre la energía incorporada a los procesos de extracción, elaboración, transporte, colocación, e incluso demolición, al final de su vida útil, de algunos de los materiales más comunes en la construcción.

Material	Energía incorporada (kWh/t)
Acero	7 000
Aluminio	28 000
Cobre	8 000
Madera	1 000
Vidrio	2 000
Granito	780

Tabla 1.1.: energía incorporada en materiales de construcción

Las fachadas ventiladas, por su versatilidad y sobre todo por sus cualidades de ahorro energético, van adquiriendo cada vez más protagonismo en el sector de la edificación vertical actual. En este sentido, la piedra natural en general, y el granito en particular, constituye un sistema de revestimiento de fachadas muy idóneo para edificios de todo tipo como hospitales, viviendas, edificios rehabilitados, naves comerciales, etc.

Las **ventajas** de la **fachada ventilada** con piedra natural, son:

- **Eficiencia energética:** reducción de entre un 25 y un 40 % de la energía consumida en calefacción y aire acondicionado.
- **Reducción de costes:** por el acondicionamiento y aislamiento térmico, acústico, contra el fuego y por las impermeabilizaciones.
- **Facilidad de recambio:** los módulos deteriorados se pueden sustituir fácilmente en caso de ser necesario.

- **Libertad creativa:** gracias a la amplia variedad de modelos.
- **Flexibilidad constructiva:** por la movilidad que proporciona el anclaje de sujeción.

1.6. Formatos empleados en fachadas

1.6.1. Placas para revestimiento

Las placas de piedra natural para revestimientos de fachadas de exterior son unidades obtenidas por corte o lajado con un espesor nominal superior a 12 mm que pueden alcanzar grandes tamaños de hasta unos 2 m.

Se incluyen en este apartado las placas para revestimiento de fachadas tanto adheridas como ventiladas con cámara de aire, o lo que es lo mismo, fijadas al soporte mediante morteros o adhesivos, o mediante anclajes mecánicos.

La selección de una placa para revestimiento está condicionada por las características de la piedra, el material de agarre y la cuantía de las solicitaciones que actúan en cada caso.

Las **placas para revestimiento fijadas con morteros o adhesivos** requieren dimensiones menores que las fijadas mecánicamente pues están condicionadas por una menor capacidad de sustentación de estos productos que la que ofrece un anclaje mecánico. Los formatos más habituales son las formas cuadas o rectangulares de dimensiones 30 × 30 cm, 40 × 40 cm y 60 × 40 cm.

Además, se recomienda que la mayor dimensión en planta de las placas no supere los 60 cm y que su peso no supere los 40 kg.

La selección del material de agarre está en función de la porosidad, tanto de la piedra como del soporte. Así, los morteros de cemento requieren materiales con una mayor porosidad que si se utilizan adhesivos. Esto tiene relación con el tipo de unión, que en el caso de los morteros es de tipo físico, para lo que se necesita que el material permita la penetración en sus poros de los cristales del cemento al fraguar, mientras que en el caso de los adhesivos, la unión es de tipo química.

Respecto a los **acabados superficiales de la piedra** se admiten cualquiera de los existentes en el mercado primando en este sentido el criterio del proyectista.

En el caso de las **placas con fijación mecánica** los formatos más habituales presentan también formas rectangulares o cuadradas y permiten tamaños mayores que en el caso anterior debido, como ya se ha indicado, a la mayor capacidad de sustentación de los anclajes mecánicos.

La selección de un tipo de anclaje es un asunto complejo porque intervienen numerosos factores como el tipo de piedra, el peso de la placa, la presión/succión de viento, las acciones sísmicas y las acciones medio-ambientales como las heladas, los cambios térmicos, el diseño arquitectónico e incluso el precio.

1.6.2. Plaquetas

Las plaquetas de piedra natural para revestimientos de interior son unidades obtenidas por corte o labrado con un espesor nominal igual o menor a 12 mm y, normalmente, con tamaños menores que los de las placas.

Se utilizan para el revestimiento de paredes en interiores fijándose al soporte por medio de morteros o adhesivos al igual que las placas de revestimiento².

² Ver apartado 1.6.1.

IDEAS CLAVE

- La internacionalización del mercado de la piedra natural permite, hoy en día, disponer de una oferta casi ilimitada de materiales para resolver con éxito cualquier proyecto arquitectónico.
- La piedra natural posee unas excelentes propiedades físicas lo que implica un bajo coste de mantenimiento.
- La fijación de la piedra al soporte se puede realizar con adhesivos o mecánicamente a través de anclajes.

2.

CONTROLES SOBRE LA PIEDRA NATURAL

A la hora de escoger una variedad de piedra para un proyecto determinado, es necesario conocer sus características obtenidas mediante ensayos en el laboratorio.

En el caso particular de las placas para fachadas, los parámetros de caracterización mínimos que el fabricante debe facilitar a los proyectistas son: resistencia a la flexión, resistencia a los anclajes, estudio petrográfico, así como el valor de la absorción de agua a presión atmosférica.

A partir de los resultados obtenidos se deben definir las condiciones de uso en cuanto a espesores y procedimiento de colocación.



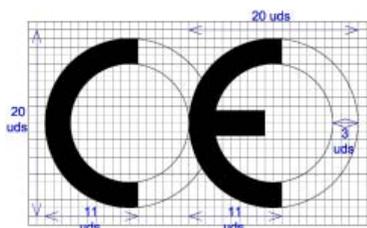
2.1. El mercado CE

La 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, indica el carácter obligatorio del mercado CE para todos los productos colocados, de manera permanente en las obras, tanto de edificación como de ingeniería civil, y siempre que exista una norma armonizada de los mismos.

Los requisitos del mercado CE de un producto de construcción se encuentran definidos en el **anexo ZA** de cada norma armonizada.

Las **normas europeas armonizadas** son normas editadas por organismos y comités normalizadores europeos según mandato de la Comisión. Su elaboración pretende lograr un consenso entre todas las partes interesadas.

Las normas armonizadas de referencia, obligatorias a los efectos del mercado CE, son la UNE-EN 1469. Piedra natural. Placas



para revestimientos murales. Requisitos, y la UNE-EN 12057. Productos de piedra natural. Plaquetas. Requisitos.

Con carácter general, el mercado CE para los productos de piedra natural requiere que el fabricante realice las siguientes actividades, que posteriormente deberá comprobar la Dirección de la Obra (DO):

- Implantar un sistema de autocontrol (FPC) sistemático de los productos en fábrica, siguiendo las instrucciones del anexo ZA de la norma de aplicación en cada caso.
- Declarar la conformidad del producto con la norma (declaración de conformidad), de acuerdo con el anexo ZA que, en el caso de la piedra natural, la realiza el fabricante bajo su responsabilidad (sistema de evaluación de la conformidad 4). La

declaración de conformidad deberá incluir el nombre del declarante (empresa fabricante), el del producto declarado (variedad de piedra y uso específico) y la referencia al cumplimiento de la norma armonizada correspondiente.

- Realizar el marcado CE mediante una etiqueta identificativa que contenga las características del producto de acuerdo con el citado anexo ZA. El símbolo del marcado CE que hay que estampar se exhibirá considerando la jerarquía de preferencia: en el propio producto (para muestras comerciales, mediante una etiqueta adherida), en

el embalaje o palé, en la documentación comercial que le acompaña (por ejemplo, en el albarán de entrega) o incluso en la página web del fabricante. En los suministros se recomienda que la etiqueta de marcado se coloque adherida a cada palé.

2.2. Requisitos de control

La **piedra natural** utilizada para fachadas debe estar sometida a los controles que figuran en la siguiente tabla:

Tabla 2.1.: ensayos de control

Controles	Norma de ensayo y observaciones
Requisitos dimensionales	UNE-EN 13373
Resistencia a la flexión	UNE-EN 12372 o UNE-EN 13161
Resistencia a los anclajes	UNE-EN 13364
Absorción de agua a presión atmosférica	UNE-EN 13755
Absorción de agua por capilaridad	UNE-EN 1925 (solo si la porosidad abierta determinada según UNE-EN 1936 es mayor al 1 %)
Resistencia a la heladicidad	UNE-EN 12371
Resistencia al envejecimiento por choque térmico	pr-EN 14066
Sensibilidad a los cambios en la apariencia producida por ciclos térmicos	UNE-EN 16140
Resistencia del mármol a los ciclos de calor y humedad	pr-EN 16306
Resistencia al impacto de cuerpos duros	UNE-EN 14518
Densidad aparente y porosidad abierta	UNE-EN 1936
Análisis petrográfico	UNE-EN 12407
Reacción al fuego	Clase A1 (sin necesidad de ensayo)
Cristalización de sales solubles	UNE-EN 12370 (solo si la porosidad abierta de la roca es superior al 5 % y en zonas exteriores con niveles de contaminación altos)
Aspecto	UNE-EN 1469

2.2.1. Requisitos dimensionales

Las determinaciones geométricas de las unidades se realizarán de acuerdo con la Norma UNE-EN 13373. Es necesario llevar a cabo, al menos, los siguientes **controles dimensionales**:

Placas:

- **Espesor:** en la siguiente tabla se indican las tolerancias permitidas de acuerdo con la Norma UNE-EN 1469.

Espesor nominal e_N (mm)	Tolerancias
$12 < e_N \leq 30$	$\pm 10 \%$
$30 < e_N \leq 80$	$\pm 3 \text{ mm}$
$e_N > 80$	$\pm 5 \text{ mm}$

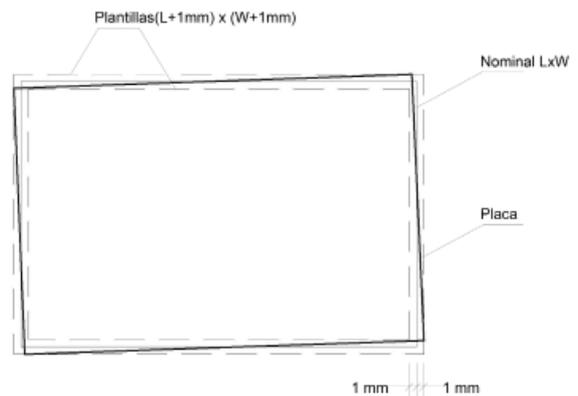
Tabla 2.2.: tolerancias en el espesor de las placas

- **Longitud, anchura y escuadrado:** en la siguiente tabla se indican las tolerancias permitidas de acuerdo con la Norma UNE-EN 1469.

Longitud y anchura nominales	< 600 mm	$\geq 600 \text{ mm}$
Para un espesor $\leq 50 \text{ mm}$ con las aristas biseladas	$\pm 1 \text{ mm}$	$\pm 1,5 \text{ mm}$
Para un espesor $> 50 \text{ mm}$ con las aristas biseladas	$\pm 2 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ mm}$
Escuadrado	$\pm 1 \text{ mm}$	$\pm 2 \text{ mm}$

Conceptos	Tolerancias
Localización del eje del taladro o ranura según el largo y ancho de la pieza	$\pm 2 \text{ mm}$
Localización del eje del taladro o de la ranura en el canto (desde la cara expuesta)	$\pm 1 \text{ mm}$
Profundidad del taladro o ranura	$+ 3/-1 \text{ mm}$
Diámetro del taladro o anchura de la ranura	$+ 1/-0,5 \text{ mm}$

- **Localización, profundidad y dimensiones de los taladros y ranuras de los anclajes:** en la siguiente tabla se indican las tolerancias permitidas de acuerdo con la Norma UNE-EN 1469 (ver tabla 2.4.).
- **Ángulos y formas especiales:** de acuerdo con la Norma UNE-EN 1469, el perímetro de la pieza debe encontrarse en el interior del área constituida por dos plantillas paralelas y separadas una distancia de $\pm 1 \text{ mm}$ del nominal de referencia.



Esquema de plantillas para la comprobación de las dimensiones de las piezas

Tabla 2.3.: tolerancias en la longitud, anchura y escuadrado de las placas

Tabla 2.4.: tolerancias en la localización, profundidad y dimensiones de los taladros y ranuras

- **Requisitos de planicidad de las placas:** la desviación de la planicidad no debe superar el 0,2 % de la longitud de la pieza y, en cualquier caso, debe ser inferior a 3 mm. En el caso de piedras obtenidas por lijado el fabricante debe declarar las tolerancias de planicidad.

Controles dimensionales en laboratorio



Plaquetas:

- **Dimensiones, planicidad y es-cuadrado:** de acuerdo con la Norma UNE-EN 12057 las tolerancias indicadas en la siguiente tabla no son válidas para las plaquetas con caras exfoliadas o partidas. En estos casos el fabricante debe declarar las tolerancias.

Tabla 2.5.: tolerancias de las dimensiones y la forma

Propiedad		Tolerancias	
		Plaquetas no calibradas	Plaquetas calibradas ⁽¹⁾
Dimensiones	l, b	± 1 mm	± 0,5 mm
	d	± 1,5 mm	± 0,5 mm
Planicidad (solo para superficies pulidas y esmeriladas)		0,15 %	0,10 %
Escuadrado		0,15 %	0,10 %

⁽¹⁾ Las plaquetas calibradas indican un producto sometido a un acabado mecánico específico para obtener unas dimensiones más precisas; éstas son adecuadas para fijarlas con una capa de mortero fina o con adhesivos.

2.2.2. Resistencia a la flexión

Para este control hay que determinar el Valor inferior Esperado (ViE) de la resistencia a la flexión del material en megapascuales (MPa) de acuerdo con la Norma UNE-EN 12372 o UNE-EN 13161. El valor de la resistencia a la flexión constituye un parámetro de referencia para determinar el espesor de los revestimientos de piedra natural.



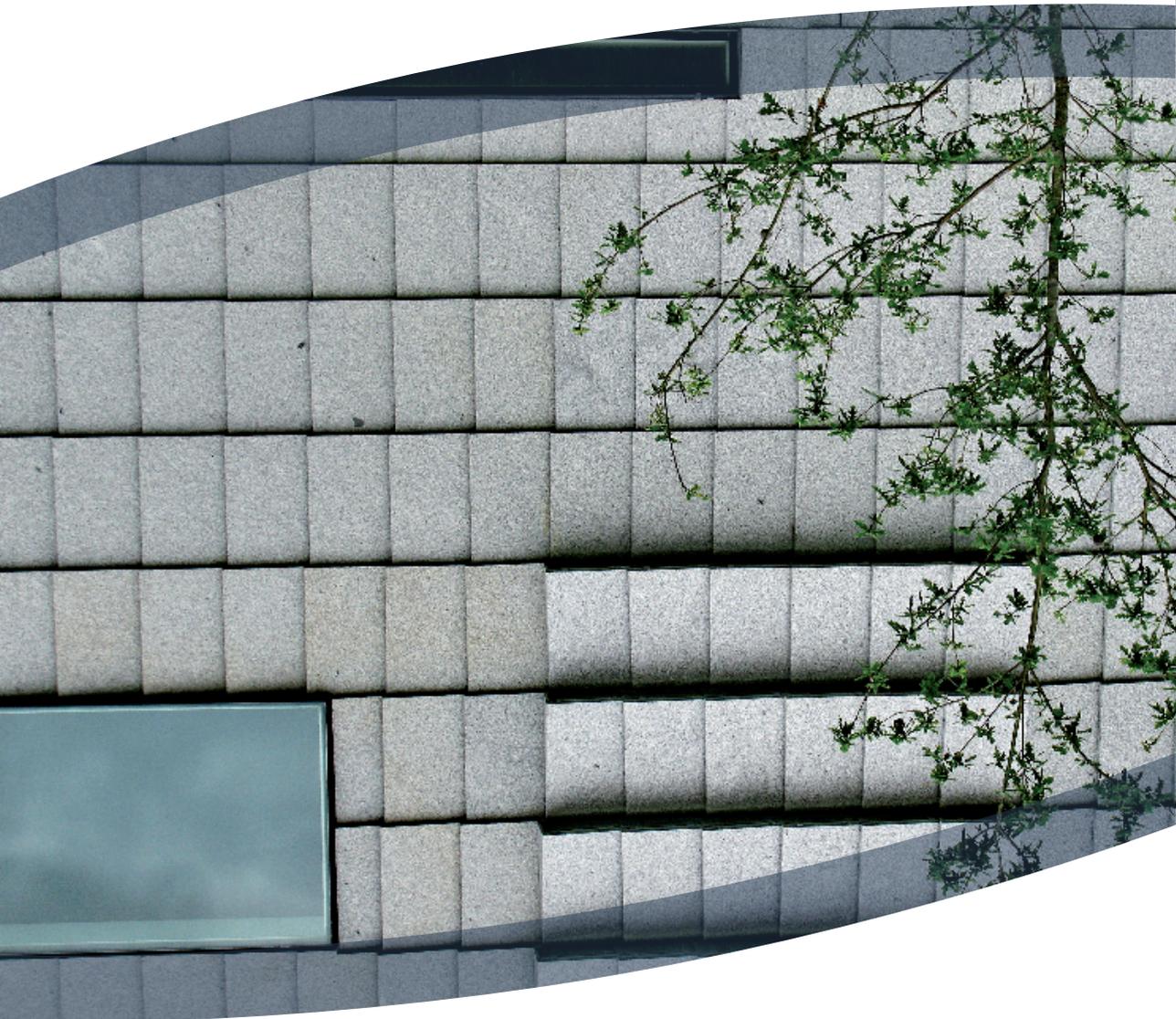
Prensa de flexión

2.2.3. Resistencia a los anclajes

Para las sujeciones con anclaje de bulón se determinará el ViE de la Resistencia a los Anclajes (R_a) en newtons (N) según la Norma



cluster
del granito



GUIDE FOR THE DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF NATURAL STONE FACADES