

Cerámica para la arquitectura

Cerámica para la arquitectura



Presentación

La industria cerámica española destaca por su liderazgo en tecnología y por sus desarrollos específicos para el ámbito de la arquitectura. El diseño de nuevos productos y nuevas prestaciones es continuo; casi se podría decir que el sector oferta más novedades de las que el entorno es capaz de asimilar.

Por ello, se hace necesario formar e informar a los profesionales de la arquitectura y la construcción sobre todos los avances que la cerámica les ofrece. Pese a ser un material con una gran tradición, la nueva cerámica es aún desconocida por una gran parte de los profesionales. El sector cerámico español a través de ASCER, la asociación que representa prácticamente al 100% de la producción de azulejos y pavimentos cerámicos, tiene en marcha multitud de actividades dirigidas a trasladar a los prescriptores arquitectos, arquitectos técnicos, diseñadores, etc. todo lo que la cerámica puede aportarles en su labor profesional.

La elaboración de material docente e informativo dirigido a los prescriptores de los materiales cerámicos permitirá un mejor conocimiento de los mismos, y asegurará la correcta selección de los materiales, ejecución de los proyectos, así como un mayor acercamiento a la cerámica. Mediante esta publicación, estructurada en dos módulos de conocimiento, se pretende proporcionar una base sólida sobre los materiales cerámicos aplicados a la arquitectura.

El primero de estos módulos, “Productos cerámicos en arquitectura. Fundamentos”, plantea un recorrido por todos aquellos aspectos del producto cerámico relacionados con el proyecto y la ejecución de obras de arquitectura. En este sentido, cabe señalar la importancia que tiene que los profesionales conozcan mejor los procesos empleados en la fabricación de las baldosas y pavimentos cerámicos con el objeto de poder adecuarlos a las características propias de cada proyecto. En el manual se trata el proceso general de fabricación incidiendo especialmente en los métodos de conformado existentes así como en los diferentes materiales cerámicos. También se incluye interesante información sobre las funciones que pueden cumplir los materiales cerámicos y aspectos referentes al proyecto y ejecución tales como normativa, puesta en obra o patologías.

El segundo módulo, “Productos cerámicos en arquitectura. Fachadas ventiladas y suelos técnicos”, ofrece una visión sobre los actuales sistemas cerámicos donde las subestructuras o elementos metálicos son parte fundamental. Se tratan básicamente dos tipologías: fachadas ventiladas y suelos técnicos.

Otras vías utilizadas por el sector para acercar la cerámica a los prescriptores son por ejemplo, la serie de Cátedras de Cerámica que tiene ASCER en marcha en diferentes Escuelas de Arquitectura de España: Barcelona, Valencia, Alicante, Madrid y Castellón. La Red de Cátedras escenifica el acercamiento y la complicidad entre la Universidad y el sector productor de las baldosas cerámicas, complicidad entendida como intercambio mutuo de conocimientos y experiencias. Las Cátedras permiten a la industria azulejera incorporar a la formación de los futuros arquitectos un mayor conocimiento técnico del producto, así como de las enormes posibilidades estéticas que la baldosa cerámica puede aportar al trabajo creativo de estos profesionales. Por otro lado, permite a los futuros arquitectos orientar sus propuestas hacia la cerámica, innovando en formatos ya existentes o bien desarrollando nuevas aplicaciones que son trasladadas a las empresas.

Los Premios Cerámica de Arquitectura e Interiorismo, son otro camino mediante el cual ASCER divulga a nivel internacional aquellas obras de arquitectura contemporánea que destacan por su uso de la cerámica. Cada vez más arquitectos de prestigio mundial incorporan este material en sus proyectos más emblemáticos: Zaera-Polo, Patxi Mangado, EMBT, Guillermo Vázquez-Consuegra, etc. son algunos de los profesionales galardonados en los Premios Cerámica.

La publicación de monográficos sobre el uso de la cerámica en arquitectura reciente es otra de las herramientas de divulgación utilizada. Los dos volúmenes de "La Cerámica en Arquitectura" recogen en total cerca de 100 obras repartidas por todo el mundo, en las que la cerámica juega un papel destacado. También las diferentes Cátedras de Cerámica editan anualmente las memorias donde se recogen las principales conclusiones de los cursos académicos, los proyectos desarrollados por los alumnos, y las conferencias que en el seno de las Cátedras se imparten.

La cerámica, como producto siempre vivo y actual, seguirá ofreciendo enormes posibilidades creativas y funcionales a los futuros profesionales. En la medida en que sepamos comunicarlas, lograremos que siga ocupando el lugar que merece en la arquitectura.

ASCER

(Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos)

Generalidades

Introducción a los productos cerámicos	10	26	<u>Esmaltado</u>
Proceso general de fabricación	14	26	<u>Esmaltes</u>
<u>Preliminares</u>	15	28	<u>Fritas</u>
<u>Preparación de la composición</u>	16	30	<u>Engobe</u>
<u>Elección de materias primas</u>	16	31	<u>Proceso de esmaltado</u>
<u>Formulación</u>	18	33	<u>Decoración</u>
<u>Dosificación</u>	20	33	<u>Serigrafía</u>
<u>Preparación de la pasta</u>	21	36	<u>Aerografía</u>
<u>Molturación vía húmeda</u>	22	37	<u>Huecograbado</u>
<u>Atomización</u>	23	38	<u>Flexografía</u>
<u>Vía seca</u>	23	38	<u>Impresión por chorro de tinta</u>
<u>Conformado</u>	24	40	<u>Cocción</u>
<u>Prensado en seco</u>	24	41	<u>Etapas de calentamiento</u>
<u>Extrusión</u>	25	42	<u>Etapas de enfriamiento</u>
<u>Secado</u>	26		

Tipos de baldosas cerámicas y piezas especiales

Baldosas cerámicas normalizadas	48	64	<u>Características mecánicas</u>
<u>Azulejo</u>	50	65	<u>Carga de rotura a la flexión</u>
<u>Gres esmaltado</u>	52	66	<u>Resistencia a la abrasión</u>
<u>Gres porcelánico</u>	54	68	<u>Características adicionales</u>
<u>Gres rústico</u>	56	68	<u>Resistencia al deslizamiento</u>
<u>Baldosín catalán</u>	57	69	<u>Resistencia a la helada</u>
<u>Barro cocido</u>	58	70	<u>Resistencia química</u>
<u>Piezas complementarias</u>	60	71	Piezas especiales
<u>Sistemas</u>	60	74	<u>Preparación de la composición</u>
<u>Mosaico</u>	61	75	<u>Conformado y secado de la pieza</u>
Características de los productos cerámicos en función del uso	62	82	<u>Esmaltado y/o decoración</u>
<u>Características dimensionales</u>	64	82	<u>Cocción</u>



Proyecto y puesta en obra

86 Instalación por adherencia

87 Introducción

89 Normas y documentos de referencia

90 Elementos del sistema de recubrimiento

90 *Soportes base*

92 *Capas intermedias*

96 *Superficies de colocación*

98 *Materiales de agarre*

105 *Juntas de colocación*

109 *Juntas de movimiento*

114 Técnicas de colocación

119 *Preparación y aplicación de los materiales*

120 *Rejuntado y limpieza final, mantenimiento*

120 Sistemas de recubrimiento especiales

121 *Requerimientos especiales*

122 *Sistemas básicos*

125 Especificaciones en proyecto

126 Definición de los documentos de proyecto

127 Prescripciones sobre los productos

128 Prescripciones sobre la ejecución

128 *Ejemplo de especificación de alicatado*

129 *Ejemplo de especificación de pavimento cerámico*

130 Control de obra

131 Control de recepción en obra de productos

135 Control de ejecución del recubrimiento

135 *Unidades de inspección*

136 *Controles de la ejecución del soporte base*

136 *Controles de la ejecución y disposición de capas intermedias*

137 *Controles de la colocación y rejuntado de las baldosas*

137 Control de recubrimiento acabado

138 *Comprobación final de la regularidad dimensional*

138 *Comprobación del aspecto superficial, limpieza y protección del revestimiento*

139 Patologías

140 Descripción de los posibles síntomas y daños en revestimientos cerámicos

141 *Debidas a una deficiente ejecución*

142 *Debidas a una inadecuada selección del producto o de la técnica de colocación*

143 *Debidas a fallo del producto*

144 Medidas preventivas

Glosario y bibliografía

148 **Glosario**

150 **Bibliografía**

152 **Normas**

índice



generalidades

Introducción a los productos cerámicos

Los materiales cerámicos tradicionales son de naturaleza inorgánica, y están constituidos por elementos metálicos y no metálicos formados principalmente mediante enlaces iónicos y/o covalentes. Sus composiciones químicas varían considerablemente, por lo que presentan diferentes propiedades, aunque, en general, se caracterizan por ser duros y frágiles, poco tenaces y poco dúctiles, comportándose usualmente como buenos aislantes eléctricos y térmicos debido a la ausencia de electrones conductores, y poseer temperaturas de fusión relativamente altas, por lo que resisten bien la exposición a elevadas temperaturas.

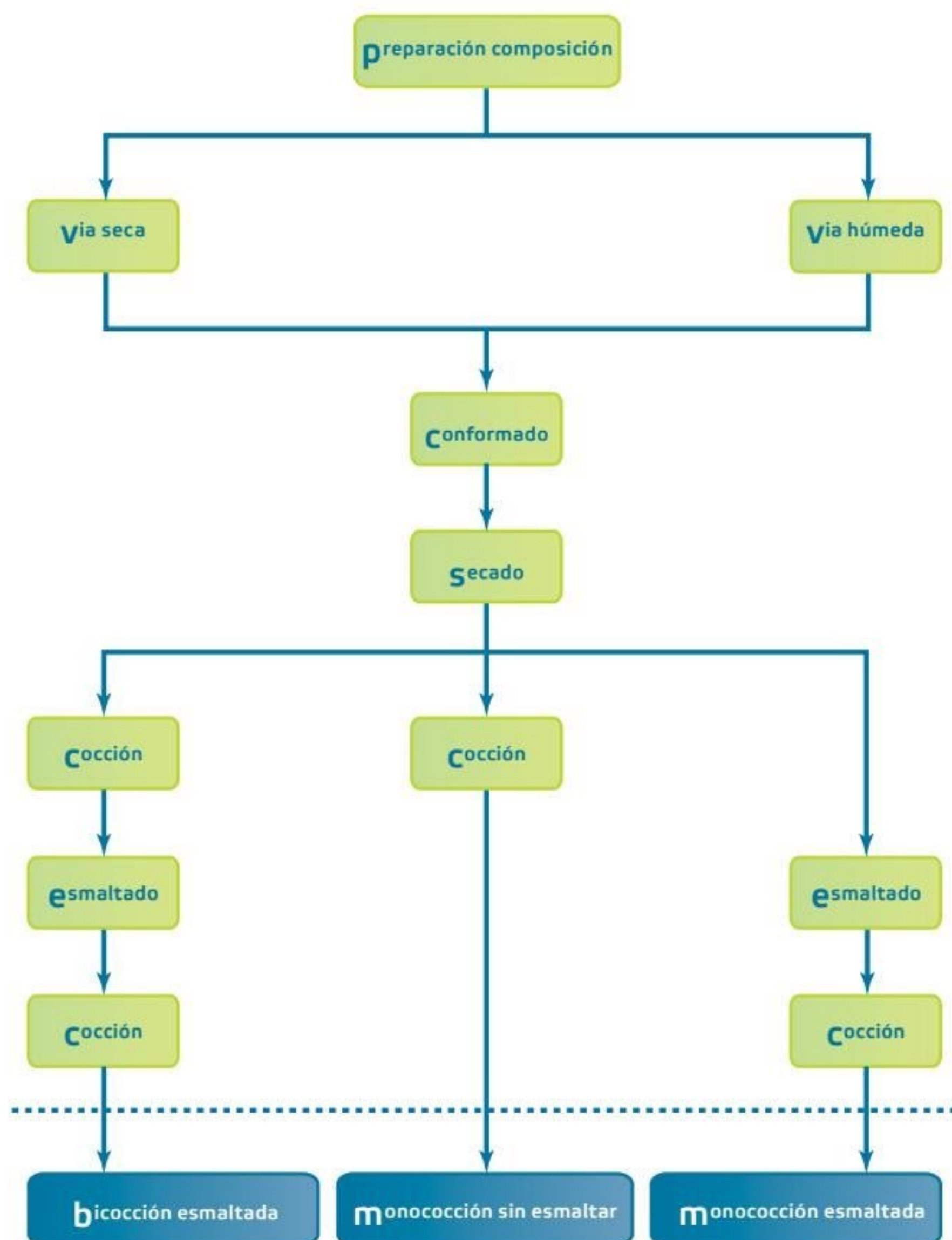
Por otro lado, el concepto de producto cerámico tradicional agrupa a un innumerable tipo de materiales, que tienen como característica común el empleo de algún tipo de arcilla en su composición, y que son transformados mediante el uso de calor (de hecho la palabra cerámica deriva del griego κεραμικός *keramikos*, "sustancia quemada").

Se puede hablar de un sinfín de tipos de materiales cerámicos tradicionales: baldosas cerámicas, ladrillos para la construcción, tuberías de desagües, tejas de drenaje, tejas de cubiertas, vajillas, aislantes eléctricos, sanitarios, etc.

Las propiedades de cualquiera de estos productos cerámicos son una manifestación de sus características microestructurales, las cuales dependen a su vez de las características físico-químicas de las materias primas de partida y del desarrollo de cada una de las etapas que comprenden su procesado.

Así pues, la fabricación de cualquier producto cerámico debe considerarse como un conjunto de etapas interconectadas que, progresivamente y de forma deliberada, van transformando unas materias primas de partida, a través de diferentes productos intermedios, en el producto final. En consecuencia, el desarrollo de cualquier etapa del proceso no solo afectará al producto resultante de dicha etapa, sino que además alterará en mayor o menor medida el desarrollo de las etapas posteriores y muy probablemente a las características y propiedades del producto final.

Aunque cada uno de los distintos tipos de materiales cerámicos tradicionales tiene un proceso de fabricación diferente, e incluso con grandes variaciones dependiendo de las especificaciones propias de cada uno de aquellos, de su tamaño y de su utilización posterior, se puede resumir el proceso general de fabricación de productos cerámicos según se indica en el ESQUEMA 1.1.



ESQUEMA 1.1. Proceso general de fabricación de productos cerámicos.

Preparación de la composición.

Una vez elegidas las materias primas a emplear, y determinada la proporción en la que va a intervenir cada una de ellas, se realiza el pesaje y la mezcla de las mismas.

El material mezclado es triturado para garantizar una total homogeneización y obtener un tamaño de las partículas óptimo para las interacciones que van a producirse entre ellas en etapas posteriores del proceso. Esta homogeneización y trituración de materias primas puede realizarse en seco (vía seca) o bien poniéndolas en suspensión acuosa (vía húmeda).

Conformado y secado de la pieza.

Con la mezcla homogeneizada y en condiciones de humedad determinadas, se da forma al producto elegido, utilizando diferentes procesos: prensado, extrusión, colado, etc.

La pieza obtenida se mantiene seca y a una temperatura determinada hasta la etapa siguiente del proceso.

Esmaltado y/o decoración.

Muchos productos cerámicos son recubiertos por una o varias capas de esmalte y son también decorados, bien por necesidades únicamente estéticas, bien para conferirles ciertas propiedades físico-químicas. Este proceso puede realizarse sobre el soporte crudo o sobre el soporte previamente cocido (bizcocho).

Los productos cerámicos no esmaltados son, tras el conformado y posterior secado, cocidos directamente.

Cocción.

Las piezas conformadas y secas, esmaltadas y en su caso decoradas, son introducidas en un horno donde son sometidas a un ciclo térmico a alta temperatura que conduce al producto final deseado.

Si el proceso productivo consta de una única cocción de la pieza esmaltada y en su caso decorada, se denomina monococción. Sin embargo, si primero se cuece el soporte y posteriormente se realiza una segunda cocción de la pieza esmaltada y decorada, el proceso se denomina bicocción.

Es posible realizar una tercera e incluso una cuarta cocción para el caso de piezas con decoraciones especiales, en cuyo caso se habla de "tercer fuego" y "cuarto fuego" respectivamente.

Entre todos los tipos de cerámicas tradicionales mencionados, puede considerarse que los de mayor interés desde el punto de vista de la arquitectura, y por tanto principal objeto del presente libro, son las baldosas cerámicas, las cuales están destinadas al recubrimiento de paredes (revestimientos) y al de suelos (pavimentos) tanto en el interior como en el exterior de edificios. No obstante, también se dedica un capítulo a determinadas piezas cerámicas con procesos de producción propios, en función de sus características, y que han sido denominadas "piezas especiales".

Proceso general de fabricación

Preliminares

Preparación de la composición

Elección de materias primas

Formulación

Dosificación

Preparación de la pasta

Molturación vía húmeda

Atomización

Vía seca

Conformado

Prensado en seco

Extrusión

Secado

Esmaltado

Esmaltes

Fritas

Engobes

Proceso de esmaltado

Decoración

Serigrafía

Aerografía

Huecograbado

Flexografía

Impresión por chorro de tinta

Cocción

Etapas de calentamiento

Etapas de enfriamiento

Preliminares

Las baldosas cerámicas son piezas impermeables que están constituidas normalmente por un soporte, de naturaleza arcillosa y porosidad variable, con o sin un recubrimiento de naturaleza esencialmente vítrea. Este concepto abarca una gran variedad de productos que pueden clasificarse bajo diferentes criterios:

- > **Coloración del soporte:** Se puede hablar de baldosas de cocción roja o de cocción blanca en función de la coloración que presenta el soporte de la pieza una vez cocida. Esta diferencia de color está relacionada con el contenido de óxidos colorantes, sobre todo hierro, que presentan las materias primas empleadas en su fabricación, fundamentalmente en las arcillas.
- > **Uso al que va destinado:** Las baldosas cerámicas se usan para revestir paredes y pavimentar suelos, tanto en interiores como en exteriores de locales y edificios. Los soportes de los revestimientos cerámicos (recubrimientos de pared) presentan normalmente alta porosidad mediada como absorción de agua,

lo que favorece su adherencia a la pared y su mayor estabilidad dimensional. Por el contrario, los soportes de los pavimentos cerámicos (recubrimientos de suelos) presentan una baja porosidad con lo que se pueden conseguir mejores características técnicas. Por tanto, existen diferencias sustanciales en la naturaleza de las materias primas empleadas y en ciertas etapas del proceso de fabricación en cada caso.

- > **Características del proceso de fabricación:** La mezcla y trituración de las materias primas que forman el soporte cerámico puede realizarse en presencia o en ausencia de agua, por lo que se puede diferenciar entre procesos de preparación vía húmeda (seguido generalmente de un proceso de secado por atomización) y procesos de preparación vía seca respectivamente. La forma que se le da a la baldosa puede lograrse mediante técnicas de prensado y técnicas de extrusión. También se puede diferenciar entre baldosas cerámicas esmaltadas o sin esmaltar, en función de las necesidades estéticas y/o técnicas exigidas.

Por tanto, para conocer los distintos tipos de baldosas cerámicas que existen en el mercado actualmente, y el uso más apropiado para cada una de ellas, es indispensable entender cuáles son sus procesos de fabricación y cómo cada etapa del proceso confiere unas características determinadas al producto final.

Preparación de la composición

Elección de materias primas

El primer paso en la preparación de una composición es la elección de las materias primas que van a intervenir y de la proporción en que van a hacerlo (formulación del soporte). La fórmula empleada va a condicionar las características del producto final resultante. Se debe por tanto tener en cuenta las características finales a obtener, los procesos de producción empleados y la calidad de las materias primas disponibles.

Las materias primas empleadas en la composición del soporte cerámico son minerales, bien en su estado natural bien sometidas a un tratamiento previo (homogeneización, trituración, tamizado, eliminación de hierro metálico, etc.), y, de acuerdo con su comportamiento al ser dispersados en agua, se clasifican en materias primas plásticas y no plásticas o desgrasantes.

En general, se puede aceptar que la proporción entre estos dos tipos de materiales debe ser tal que la mezcla obtenida sea tan plástica como para poder realizar un correcto moldeo de la pieza, y a la vez le debe conferir a ésta la suficiente resistencia en crudo como para poder permitir procesarla. Por otro lado, las materias primas elegidas deben garantizar las características técnicas deseadas en el producto final, y la posterior mezcla de las mismas debe poseer una composición química y mineralógica tal que las transformaciones fisicoquímicas que van a tener lugar durante el proceso de cocción, confieran al producto acabado las características deseadas (color en cocido, coeficiente de dilatación, resistencia mecánica, porosidad, etc.)

Las materias primas plásticas por excelencia son las **arcillas**, las cuales están formadas por diferentes tipos de minerales, por lo que el uso de una arcilla u otra condiciona las etapas de los procesos de fabricación y, por supuesto, el producto final obtenido. Las principales características que aportan las arcillas a los soportes de las baldosas cerámicas son:

- > Favorecen el conformado de las piezas debido a su plasticidad y evitan la aparición de ciertos defectos como grietas, ahogados, etc.
- > Proporcionan resistencia mecánica durante el trasiego de las piezas crudas en las etapas anteriores a la cocción.
- > En los procesos vía húmeda actúan como suspensionantes de las materias primas no plásticas presentes en la composición, y evitan sedimentaciones durante el trasiego y almacenamiento de las suspensiones.

En las composiciones de cocción roja, las arcillas empleadas tienen altos contenidos en hierro, son más fundentes (temperatura de fusión más baja) que las arcillas con bajos contenidos de hierro (arcillas blancas), y no son excesivamente plásticas, por lo que no suele ser necesario incorporar en las formulaciones materiales desgrasantes fundentes, tales como los

feldespatos. En las composiciones de gres rojo esmaltado se eligen arcillas de naturaleza illíticas de alta fundencia que proporcionan a las piezas una baja absorción de agua.

En la fabricación de azulejos se emplean arcillas calcáreas (con altos contenidos en carbonatos de calcio), ya que éste aporta estabilidad

dimensional y aumenta la porosidad, requisitos deseables en la fabricación de revestimientos cerámicos.

El **caolín** es otra materia prima plástica que presenta una cocción más blanca aunque es más difícil de prensar y aumenta la temperatura de cocción.

Las materias primas no plásticas
Lo desgrasantes se incorporan a la formulación para reducir la plasticidad, facilitar la desfloculación, así como para ajustar (aumentar o disminuir) la temperatura de fusión de la mezcla. En función del tipo de producto que se desea obtener, se suelen emplear los siguientes materiales:

> **Arenas silíceas:** En las composiciones de azulejos un aumento del contenido en cuarzo reduce ligeramente la contracción durante la cocción y aumenta la porosidad de las piezas cocidas. Una mayor proporción de este mineral en las composiciones empleadas en la fabricación de gres esmaltado y gres porcelánico reduce, de modo significativo, la contracción durante la cocción, e incrementa la porosidad de las piezas cocidas, a igualdad de temperatura.

Sin embargo, una cantidad excesiva de cuarzo disminuye la resistencia mecánica de la pieza tanto cruda como cocida e incrementa el coeficiente de dilatación del producto final.

> **Feldespatos alcalinos:** La adición de estos materiales facilita la fusión y reactividad de la mezcla, reduciéndose de este modo la temperatura de cocción necesaria para alcanzar una determinada porosidad abierta (estimada como absorción de agua). Actúan, por tanto, como elementos fundentes a alta temperatura.

> **Carbonatos alcalinotérreos:** En particular, el **carbonato cálcico** se emplea para aumentar la porosidad de la pieza final y con ello la absorción de agua, contribuyendo a aumentar la estabilidad dimensional; también provoca un retraso en el inicio de

la sinterización por formación de fase líquida, aunque cuando ésta tiene lugar, lo hace de forma mucho más rápida.

> **Talco:** Empleado, en algunas ocasiones, para aumentar la fundencia de las composiciones empleadas en la fabricación de gres de cocción blanca usado para pavimento. Por otra parte, en las composiciones empleadas en la fabricación de azulejo la adición de talco aumenta, por lo general, el coeficiente de dilatación, al mismo tiempo que disminuye la expansión por humedad del producto cocido.

> **Silicato de circonio o circón:** Solo se emplea en ciertas composiciones de gres porcelánico cuando se quiere conseguir una mayor blancura. Su empleo está más bien destinado a la formulación de esmaltes y engobes cerámicos.



FOTOGRAFÍA 1.1.
Mina de arcilla blanca.



FOTOGRAFÍA 1.2.
Mina de arcilla roja.



FOTOGRAFÍA 1.3.
Instalaciones mineras.

Formulación

La TABLA 1.1 muestra los intervalos de las composiciones habituales de baldosas cerámicas producidas en España.

Gres esmaltado

Soporte rojo		Soporte blanco	
arcilla no calcárea	100	arcilla silícea	45-60
		arcilla plástica	0-15
		feldespato (Na y Na-K)	25-35
		arena silícea	0-15
		talco	0-10

Azulejo

Soporte rojo		Soporte blanco	
arcilla calcárea	40-60	arcilla silícea	40-60
arcilla no calcárea	60-40	arcilla plástica	0-15
		caolín	0-20
		carbonatos	10-15
		arena silícea	15-25

Gres porcelánico esmaltado	
Soporte blanco	
arcilla sílicea	40-60
arcilla plástica	10-20
feldespato	30-40
talco	0-3

Gres porcelánico no esmaltado	
Soporte blanco	
arcilla plástica	30-45
caolín	15-25
feldespato (Na y Na-K)	35-45
arena sílicea	0-10
zirconio	2-6

TABLA 1.1. Composiciones habituales de las baldosas cerámicas expresadas en % en peso.

Las composiciones empleadas en la fabricación de los soportes de cocción roja para pavimento y revestimiento se formulan, generalmente, a partir de mezclas de arcillas naturales de alto contenido en hierro de distinta plasticidad.

Para la fabricación de azulejos se emplean arcillas con altos contenidos de carbonato de calcio, pero éstas se evitan en la fabricación de gres, ya que la descomposición del carbonato de calcio presente en las mismas es el responsable de la porosidad de la pieza, propiedad necesaria en los azulejos pero perjudicial en la fabricación de gres.

Las composiciones de los soportes de cocción blanca, sin embargo, suelen formularse con una relación próxima al 50% de minerales plásticos y de materiales desgrasantes. Las arcillas elegidas deben poseer bajos contenidos de óxidos colorantes, y suele emplearse el caolín como material plástico de elevada blancura.

Las composiciones de gres porcelánico son similares a las de pavimento gresificado, pero en este caso las materias primas se deben elegir de manera que den lugar a un elevado grado de blancura y a una baja porosidad (inferior al 0.5% de absorción de agua), en las piezas cocidas, minimizando, al tiempo, la contracción de cocción.

Dosificación



FOTOGRAFÍA 1.4. Vista general de un acopio.

En España, los sistemas empleados para realizar el pesaje de cada una de las materias primas que forman parte de una composición, han experimentado un gran avance tecnológico en los últimos años.

Hasta hace poco tiempo estos sistemas eran totalmente manuales, cada arcilla era almacenada en un acopio primario (FOTOGRAFÍA 1.4) en el cual se realizaban continuos movimientos con un camión-pala para conseguir mantener lo más homogéneo posible cada material. El mismo camión-pala servía para dosificar, de forma volumétrica, cada materia prima a un acopio secundario.

A continuación, ésta se desmenuzaba y se extendía formando una capa delgada sobre la superficie de la era. Esta operación servía para reducir el tamaño de los agregados y para homogeneizar la mezcla, a la vez que facilitaba el secado a la intemperie. Una vez conseguida la humedad requerida, la mezcla era almacenada en silos en espera de ser molturada.

Hoy en día, este sistema manual ha quedado relegado a pequeñas producciones, a formulaciones con pocas materias primas, y, sobre todo, a procesos en los que el conformado se realiza por extrusión.

En la actualidad, las materias primas son suministradas desde su origen tras ser sometidas a tratamientos de eliminación del hierro metálico, cribadas (separando partículas gruesas >15cm) y homogeneizadas. Son transportadas en camiones y descargadas en tolvas desde donde se llevan a los silos de almacenamiento. La mezcla se dosifica gravimétricamente mediante básculas instaladas en la parte inferior de los silos, garantizando una mayor continuidad en la composición de la fórmula prefijada.

Preparación de la pasta

Esta etapa del proceso productivo consiste en obtener una mezcla íntima y homogénea de los distintos componentes con un tamaño de partícula determinado y acondicionarla para el adecuado moldeo de la pieza.

El tamaño de partícula de la mezcla de materias primas influye notablemente en la plasticidad y, por tanto, en el conformado de la pieza cerámica, en la velocidad de secado de las piezas y en la superficie de contacto entre las partículas, lo que condiciona la reactividad entre éstas y muchas de las propiedades físico-químicas del producto acabado (porosidad, resistencia mecánica, etc.)

Según que la operación de molienda se realice en ausencia o en presencia de agua se le denomina molturación vía seca o molturación vía húmeda respectivamente.

La molienda vía húmeda proporciona mayor homogeneización de los componentes de la fórmula, menor tamaño de partícula, mejor control de las variables del proceso y unas mejores características del polvo de prensas, por lo que su empleo aumenta la calidad del producto acabado con respecto a la molienda vía seca. Aunque su coste de producción es más elevado, tanto en inversión como en consumo energético y de agua, en España hoy en día, se puede decir que la única técnica de molturación empleada en la producción de azulejos, gres porcelánico y gres esmaltado es la molienda vía húmeda, a la que sigue la atomización de la suspensión resultante.

La molienda vía seca se suele utilizar en procesos de fabricación de baldosas donde, a priori, los requisitos de estabilidad dimensional del soporte o de calidad de la superficie esmaltada no sean tan exigentes, o en países donde el coste del proceso vía húmeda resulte inviable.

Molturación vía húmeda

La molturación vía húmeda se lleva a cabo en un molino de bolas que trabaja en continuo. Se trata de un cuerpo cilíndrico o cilíndrico-cónico, cuyas paredes interiores están protegidas, y que gira alrededor de un eje horizontal. En el interior del tambor se coloca una carga de molienda (que suelen ser bolos de sílex o bolas de alúmina), con una distribución de tamaños apropiados para optimizar la molturación (FOTOGRAFÍA 1.5.).

Por un lado del molino se introduce los sólidos mezclados con un 35% de

agua aproximadamente y el aditivo desfloculante que ayuda a mantener aquellos en suspensión y, por tanto, la molturación.

Por efecto de la rotación del tambor, las bolas son arrastradas a lo largo de las paredes hasta que caen en cascada, por lo que someten al material a moler a innumerables acciones de presión, de rozamiento y de choque por las mismas bolas y con las paredes del tambor.

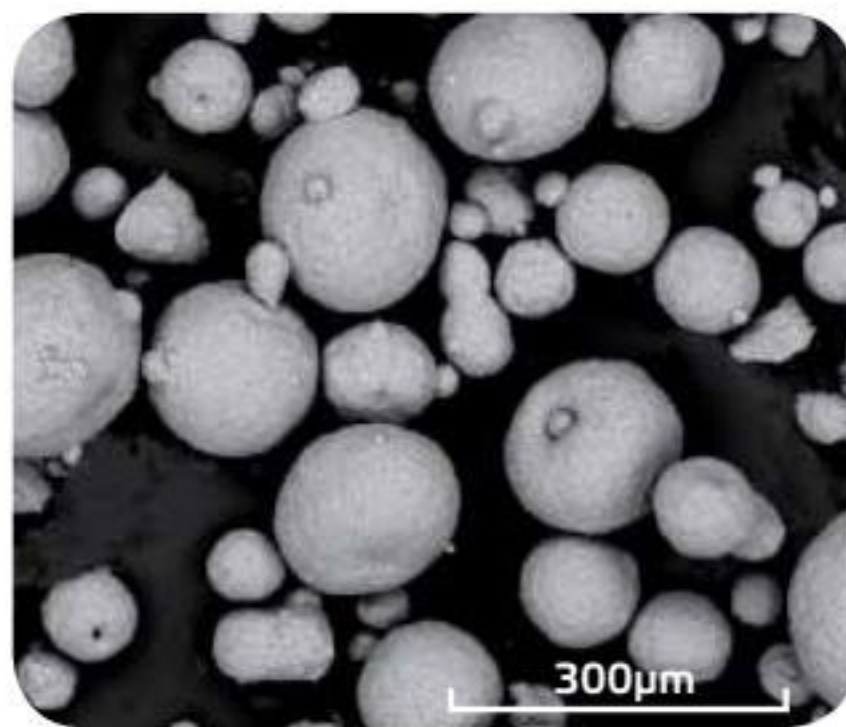
Por el otro extremo del molino se obtiene el producto molturado en

forma de suspensión, coloquialmente denominado barbotina, y que resultará con un tamaño de partícula medio mayor o menor en función del tiempo que permanezca en el interior, de la velocidad de rotación y de la longitud del molino.

La barbotina obtenida se pasa a través de un vibrotamiz para eliminar las partículas superiores a 125-200 μm y posteriormente, se mantiene en unos depósitos provistos de agitadores (balsas) para homogeneizar el producto y evitar que sedimente.



FOTOGRAFÍA 1.5.
Vista general de un molino continuo.



FOTOGRAFÍA 1.6.
Atomizado visto al microscopio.



FOTOGRAFÍA 1.7.
Vista general de un secadero por atomización.

Atomización

La barbotina obtenida tras la molienda vía húmeda de las materias primas se seca, en un proceso continuo y automático, el cual permite la obtención de aglomerados esféricos huecos de partículas, denominados gránulos de atomizado, con un contenido en humedad controlado (aproximado al 5- 6% en peso) y con una forma y un tamaño idóneos para que fluyan en la siguiente fase de conformado (FOTOGRAFÍA 1.6). El producto obtenido se denomina polvo atomizado y el proceso por el cual se lleva a cabo secado por atomización.

El atomizador es un cilindro troncocónico que consta principalmente de un conjunto de boquillas que pulverizan la suspensión en su parte interior central, y de un sistema que introduce aire caliente en la parte superior y en contracorriente con el flujo de material (FOTOGRAFÍA 1.7).

La barbotina almacenada en la balsa se transporta mecánicamente al depósito de alimentación del atomizador, y se inyecta a través de las boquillas, donde se encuentra con el flujo de aire caliente. El aire caliente en contacto con las gotas de barbotina dispersas provoca la evaporación del agua, por convección y por radia-

ción de calor, y por tanto el secado de las partículas, las cuales se aglomeran y adquieren la típica forma esférica característica del polvo atomizado.

El polvo atomizado se descarga por la parte inferior del atomizador y se transporta a una serie de silos donde va a permanecer de 2 a 3 días para homogeneizar su humedad antes de iniciarse el proceso del conformado.

Inmediatamente antes del prensado, el polvo atomizado se tamiza en un vibrotamiz, con objeto de eliminar posibles impurezas y aglomerados de gran tamaño formados por gránulos de atomizado pegados.

Vía seca

La molturación en seco se realiza con molinos de martillos o, más habitualmente con molinos pendulares, que son capaces de producir partículas de menor tamaño.

Los molinos pendulares están provistos de un sistema de calefacción para facilitar la molienda de las arcillas húmedas, y de un clasificador neumático que es capaz de extraer las partículas

de menor tamaño, permaneciendo las de mayor tamaño en el interior de la cámara durante más tiempo hasta alcanzar el tamaño deseado.

El material molido puede emplearse en la fabricación de piezas por extrusión o por prensado. En este último caso, el material fino debe ser humectado y granulado para poder ser alimentado correctamente a la

prensa. En general, se utilizan granuladoras donde se humecta a la vez que se aglomera las partículas más finas, reduciéndose de este modo el porcentaje de éstas y aumentando la densidad aparente del polvo, y lo que es más importante, incrementando su fluidez, lo que facilitará enormemente la posterior etapa de prensado.

Conformado

El sistema más utilizado para dar forma a los azulejos, y baldosas de gres porcelánico y gres esmaltado, a partir de mezclas de materias primas molturadas vía húmeda y secadas por atomización, es el prensado en seco, mientras que el empleado para conformar las piezas a partir de mezclas obtenidas por vía seca es la extrusión.



FOTOGRAFÍA 1.8. Prensa hidráulica.

Prensado en seco

El moldeo de las piezas planas, debido a su forma sencilla (rectangular, cuadrada, etc.), y a la pequeña relación espesor/superficie, se realiza por prensado unidireccional en seco en prensas de efecto simple, donde la presión se realiza solo en una de las superficies de la pieza. La sencillez de este método facilita su automatización y permite alcanzar producciones más elevadas que con otros tipos de prensado.

Esta operación se realiza generalmente con prensas hidráulicas (FOTOGRAFÍA 1.8), debido a que son las más indicadas para controlar el ciclo de prensado. La potencia de las prensas a utilizar (fuerza de prensado), depende del tamaño de las piezas: para formatos superiores a 200x200mm², que son los fabricados más habitualmente, se utilizan prensas de 500 a 800t, en las que suelen obtenerse entre 3 y 4 piezas por prensada.

Las principales ventajas de la utilización del prensado son las siguientes:

- > Elevada producción con un empleo mínimo de mano de obra especializada.
- > Facilidad de secado de las piezas prensadas.
- > Mínima deformación de las piezas en las operaciones posteriores, (secado y cocción).

etapa	variable	azulejo	gres esmaltado	gres porcelánico
prensado	humedad (%)	4.5 - 6.0	4.5 - 6.0	4.5 - 6.0
	presión (kg/cm ²)	230 - 250	250 - 280	350 - 450
	densidad aparente en seco (g/cm ³)	1,95 - 2,01	1,95 - 2,02	1,90 - 1,95

TABLA 1.2. Variables de proceso. Datos de prensado.

Extrusión

El material molido vía seca en un molino pendular se somete a un preamasado con un 10-15% de agua y, generalmente es almacenado por un cierto tiempo. Posteriormente, y justo antes de ser introducido en la extrusora, es amasado de nuevo hasta obtener un 15-20% de agua total.

El proceso de extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta a través de una matriz, mediante el empuje de un sistema propulsor. Una vez realizada la extrusión, el material obtenido se corta o troquela para obtener la dimensión de la pieza requerida (ESQUEMA 1.3).

El sistema propulsor puede ser a hélice, por cilindros o a pistón (ESQUEMA 1.2), pero el más empleado en la fabricación de baldosas cerámicas es el de hélice, por su elevada productividad y por su posibilidad de trabajar en régimen continuo.

Este tipo de conformado de pieza se emplea en la fabricación de objetos de sección constante, como son por ejemplo las piezas de gres rústico (FOTOGRAFÍA 1.9).



FOTOGRAFÍA 1.9. Proceso de extrusión.



Extrusión por cilindros

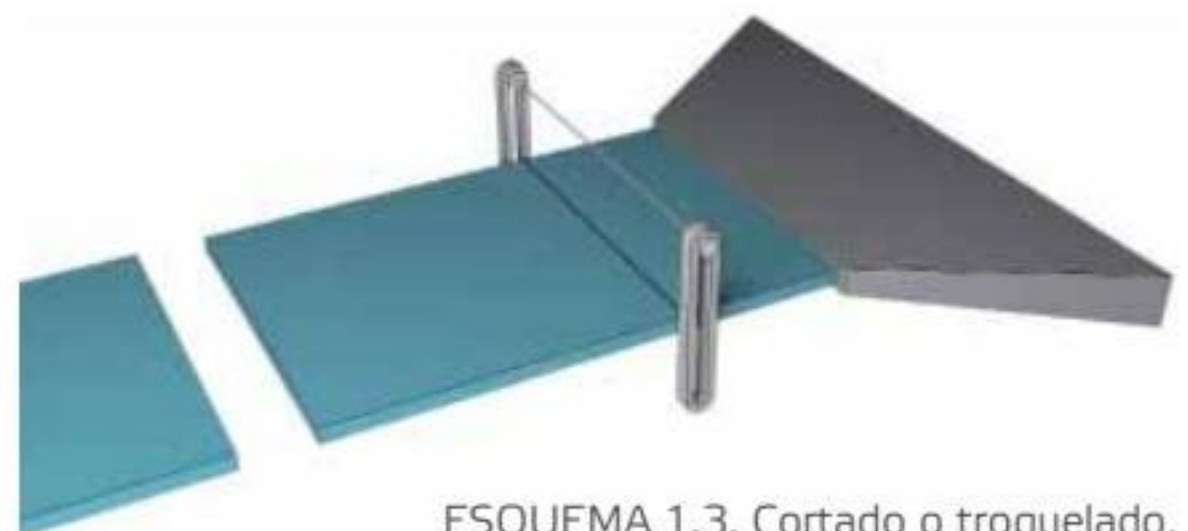


Extrusión a pistón



Extrusión a hélice

ESQUEMA 1.2. Métodos de extrusión.



ESQUEMA 1.3. Cortado o troquelado.

Secado

Las piezas recién moldeadas, se introducen en un secadero continuo para reducir su humedad, duplicando o triplicando así su resistencia mecánica, lo que permite su procesado posterior.

El ciclo de secado depende, tanto de las variables propias de la operación (temperatura, caudal de aire, etc.), como de las características de las piezas prensadas (dimensiones, humedad, compacidad, etc.) y de la composición químico-mineralógica de las mismas.

Esmaltado

Las piezas recién salidas del secadero se recubren de una o varias capas de esmalte en la línea de esmaltado.

Este tratamiento se realiza para conferir a la superficie del producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial, resistencia química y resistencia mecánica.

La primera fase antes de la aplicación de los esmaltes cerámicos, sea cual sea su tipo y el soporte sobre el que va a ser aplicado, es la formulación y la preparación de los mismos.

Esmaltes

Los esmaltes constituyen un tipo especial dentro de la amplia familia de los vidrios. Son capas delgadas y continuas obtenidas a partir de mezclas de materias primas que funden sobre superficies cerámicas. Su naturaleza físico-química es vítrea o vitrocrystalina y son duros, insolubles e impermeables a líquidos y gases.

Los esmaltes, de acuerdo con su naturaleza eminentemente vítrea, son cuerpos sólidos a temperatura ambiente, pero, sin embargo, desde el punto de vista de su desorden estructural, se asemejan más a los líquidos, ya que carecen de la ordenación que caracteriza y define el estado sólido. No presentan una verdadera

temperatura de fusión, sino más bien un intervalo de temperaturas de transición entre su estado rígido y su estado fundido, el cual se puede recorrer reversiblemente sin que se produzca ningún cambio de fase.

Existe una elevada variedad de tipos de esmaltes, ya que deben acoplarse a los diferentes tipos de soportes y a las distintas temperaturas de cocción, exhibir propiedades específicas muy diversas, y mostrar diferentes aspectos: transparentes, brillantes, opacos, mates, coloreados, etc.

Las composiciones de los esmaltes deben ser tales que den lugar a unos vidriados con las características solicitadas a las baldosas cerámicas que recubren: así, los esmaltes destinados a pavimento cerámico deben ser capaces de soportar un elevado desgaste mecánico, producido básicamente por la acción del tránsito de personas y el desplazamiento de objetos pesados, y además deben ser antideslizantes, mientras que a los esmaltes destinados a revestimiento se les exigen más bien requisitos estéticos: blancura, transparencia, brillo y tersura superficial.

Los esmaltes se formulan eligiendo, a partir de una composición en óxidos determinada, las materias primas adecuadas, cuya composición química y estructura mineralógica van a influir significativamente en las propiedades finales de aquellos. Estas materias primas son mezcladas y molturadas habitualmente vía húmeda (ver apartado: *Molturación vía húmeda*), obteniéndose una

barbotina similar a la preparada para el soporte, pero con un menor tamaño de partícula y un mayor porcentaje de agua, si bien también pueden molturarse en seco y dispersarse posteriormente en agua, o ser aplicados en seco para provocar efectos especiales.

Las materias primas naturales más utilizadas en la formulación de esmaltes vienen reflejadas, en función de la naturaleza de los óxidos que aportan, en la TABLA 1.3.

materias primas		
Óxidos	nombre	fórmula
SiO ₂	Cuarzo Caolín Feldespatos alcalinos Wollastonita	SiO ₂ 2SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·2H ₂ O 6SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·M ₂ O (M=Na, K) CaO SiO ₂
Na ₂ O	Feldespato sódico Feldespato potásico Nefelina	6SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·Na ₂ O
K ₂ O	Feldespato potásico Nefelina	6SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·K ₂ O 4SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·M ₂ O (M=Na, K)
Li ₂ O	Espodumeno	4SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·Li ₂ O
MgO	Dolomita Talco Magnesita	CaO·MgO·(CO ₂) ₂ 3MgO·4SiO ₂ ·H ₂ O MgO·CO ₂
CaO	Carbonato cálcico Dolomita Wollastonita	CaO·CO ₂ CaO·MgO·(CO ₂) ₂ CaO·SiO ₂
ZnO	Óxido de cinc	ZnO
BaO	Carbonato de bario	BaO·CO ₂
Al ₂ O ₃	Caolín Feldespatos alcalinos Alúmina calcinada	2SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·2H ₂ O 6SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·M ₂ O (M=Na, K) α Al ₂ O ₃
ZrO ₂	Circón	ZrO ₂ ·SiO ₂
TiO ₂	Anatasa	TiO ₂

TABLA 1.3. Materias primas naturales más utilizadas en la formulación de esmaltes.

Fritas

En la formulación de los esmaltes también se emplean como materia prima, una amplia gama de vidrios insolubles, preparados previamente mediante fusión completa de sus materias primas originales, denominados "Frita" (este término proviene del concepto "material frito o fundido" y se mantiene bajo la misma terminología en todos los idiomas: *Fritta* en italiano, *Fritte* en francés, *Frit* en inglés, etc.)

La fabricación de las fritas es un proceso continuo y totalmente automatizado en el que las materias primas, previamente seleccionadas y controladas, tras ser dosificadas, mezcladas y transportadas, son introducidas en un horno de fusión a través de un tornillo sinfín, donde se someten a temperaturas comprendidas entre 1400-1600°C. A estas temperaturas la composición elegida

se funde completamente, y así va recorriendo el interior del horno, hasta que, y por la acción de la gravedad, sale al exterior y se recoge sobre agua a temperatura ambiente (FOTOGRAFÍA 1.10). Debido al choque térmico, se produce la rotura en pequeños fragmentos de forma irregular, confiriéndole el aspecto tan característico de vidrio roto (FOTOGRAFÍA 1.11).



FOTOGRAFÍA 1.10.
Salida de material del horno de fusión.



FOTOGRAFÍA 1.11.
Frita.



FOTOGRAFÍA 1.12.
Pigmentos cerámicos.

Las razones del empleo de las fritas pueden resumirse en las siguientes:

- > Permiten el empleo, en la formulación de esmaltes, de materiales hidrosolubles como los compuestos de boro, plomo, nitrato sódico y potásico, etc.
- > Minimizan la toxicidad de ciertos materiales, ya que el proceso de fritado inertiza la composición convirtiéndola en un vidrio, sin riesgo para la salud ni para el medio ambiente.
- > Al tratarse de materiales vítreos, aumentan el rango de cocción del esmalte.
- > Proporcionan una mayor uniformidad a la composición del esmalte que si se emplearan materias primas naturales.
- > Aportan características que no podrían obtenerse sin su empleo, como puede ser el grado de opacidad y blancura que se obtiene a partir de fritas blancas de circonio.

Las fritas pueden clasificarse de distintas formas atendiendo a diferentes criterios: grado de fusibilidad (fundentes o refractarias), composición química (alcalinas, borácicas, de cinc, etc.), propiedades ópticas de los vidriados a que dan lugar (opacas, brillantes, satinadas, mates), tipo de proceso de fabricación de baldosas al cuál van a ser destinadas (bicocción, monococción de azulejos, monococción de gres, etc.)

Además de las fritas, y las materias primas mencionadas en la TABLA 1.3, en la formulación de los esmaltes se emplean:

- > Aditivos (suspensionantes, desfloculantes, ligantes) que utilizados en pequeñas proporciones, mantienen las propiedades reológicas (densidad, viscosidad, etc.) de la suspensión dentro de unos niveles óptimos, para favorecer la operación de esmaltado y para que las superficies esmaltadas, una vez cocidas, presenten el aspecto requerido (textura, uniformidad del color).
- > Colorantes: Pigmentos cerámicos preparados "ex profeso", generalmente por calcinación de óxidos naturales, para colorear ciertos esmaltes (FOTOGRAFÍA 1.12).

Engobe

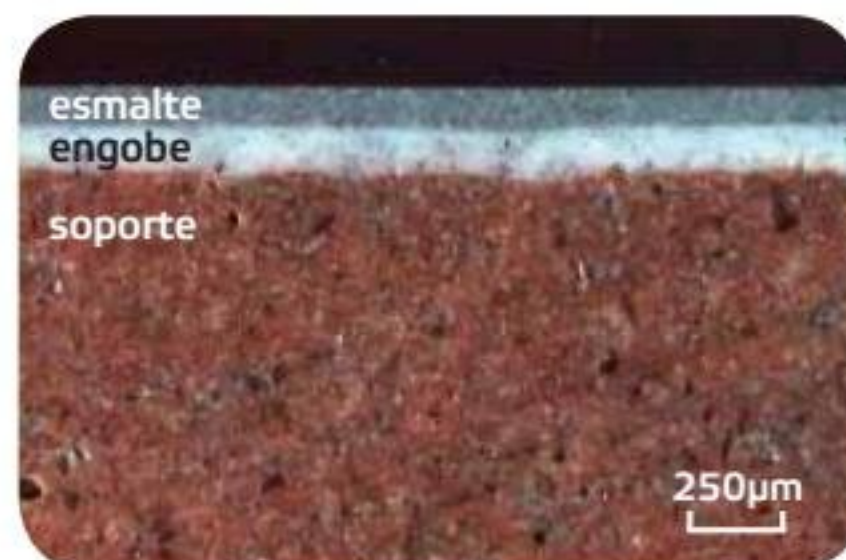
Debido a la diferente naturaleza química del soporte y del esmalte, se suele aplicar una capa de interfase entre ellos, con una composición química intermedia entre ambos. Este producto es un tipo de esmalte que se denomina engobe.

El engobe cumple principalmente las siguientes funciones:

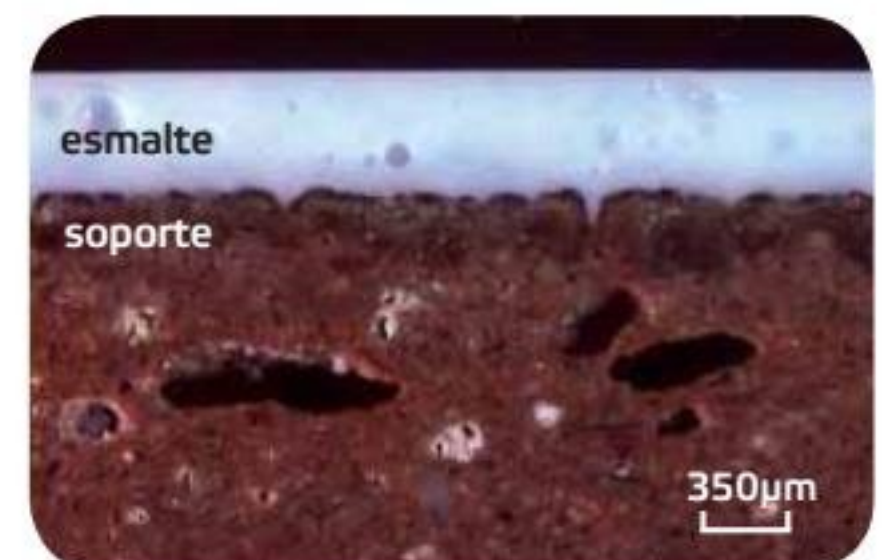
- › Crear una interfase entre el esmalte y el soporte que favorezca un adecuado acoplamiento entre ambos.
- › Ocultar el color del soporte para permitir un desarrollo óptimo del esmalte y de las decoraciones aplicadas sobre él.
- › Homogeneizar y eliminar las irregularidades superficiales del soporte para favorecer posteriores aplicaciones.
- › Formar una capa impermeable que evite problemas derivados de la porosidad del soporte, sobre todo en las piezas de revestimiento en la que éste presenta alta porosidad.

Las dos fotografías muestran la sección transversal de sendas baldosas cerámicas una vez cocidas, en las que pueden observarse las diferentes capas de engobe y esmalte aplicadas sobre el soporte cerámico.

Diferenciación de las capas existentes en baldosas cerámicas mediante microscopía



FOTOGRAFÍA 1.13. Azulejo de pasta roja con engobe y esmalte verde.



FOTOGRAFÍA 1.14. Barro cocido de pasta roja con esmalte azul.

Proceso de esmaltado



La operación de esmaltado se realiza aplicando sucesivamente, mediante diferentes técnicas, las suspensiones de esmaltes.

La línea de esmaltado está compuesta por un sistema de correas (cintas transportadoras) movidas mediante poleas, encima de las cuales se depositan automáticamente los soportes cerámicos a la salida del secadero. A lo largo de esta línea se distribuyen los equipos necesarios para aplicar el engobe y el esmalte, ambos en forma de suspensión acuosa (barbotina) sobre el soporte de la baldosa, mediante el empleo de discos (pulverización) o de campanas (cortina continua).

- > La técnica de la pulverización está basada en la formación de pequeñas gotas de la suspensión, generadas por el giro de un disco a velocidad controlada o por una boquilla, las cuales se depositan sobre la superficie de la baldosa cerámica, unas junto a otras, formando una capa continua. Las aplicaciones por pulverización producen capas finas y acabados con texturas rugosas, y se utilizan habitualmente en la aplicación de engobes y en el esmaltado de piezas de pavimento.



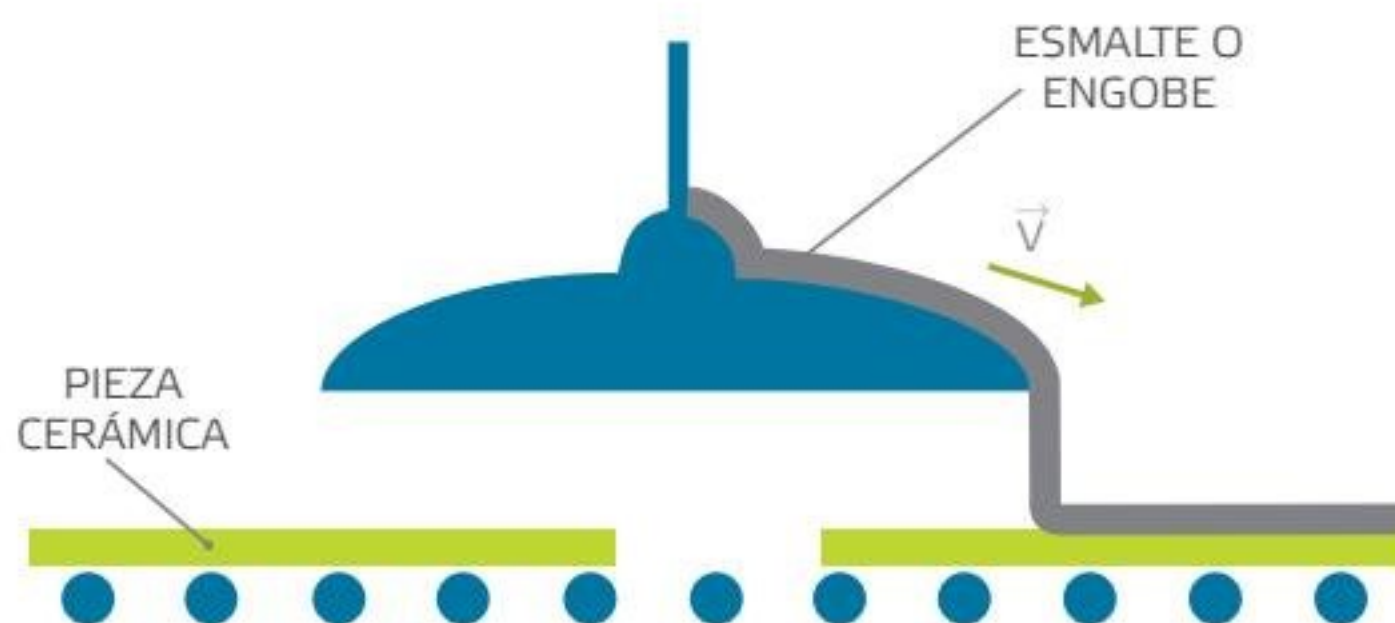
ESQUEMA 1.4. Funcionamiento de un disco giratorio para aplicar suspensiones de esmalte o engobe.



FOTOGRAFÍA 1.15.
Equipo de aplicación a campana.

> En el caso de la aplicación de suspensiones por cortina continua, la barbotina, tras ser bombeada al tubo vertical que forma la parte superior del equipo, fluye por gravedad por su interior, del tubo, la suspensión pasa a un receptáculo, del cual rebosa sobre la superficie superior de la campana, deslizándose por caída libre hasta llegar al borde

de la misma, desde donde cae formando una cortina continua. Estas aplicaciones dan lugar a capas de esmalte de mayor espesor y confieren acabados con texturas más lisas que las obtenidas mediante discos o boquillas, por lo que normalmente se emplea en el esmaltado de azulejos, donde esta característica es altamente valorada.



ESQUEMA 1.5. Esquema del funcionamiento de una campana para aplicar suspensiones de esmalte o engobe.

> En la línea de esmaltado se puede encontrar otra serie de equipos para aportar diferentes efectos a una baldosa cerámica. Así, deben destacarse las aplicaciones de esmaltes por vía seca, que se llevan a cabo, tanto con fines técnicos como estéticos, a través de dispositivos dosificadores de partículas de diferentes tamaños de frita trituradas en seco (granillas), o de productos obtenidos por granulación o reblandecimiento térmico de esmaltes en seco (gránulos).

> Por último, en la línea se aplican, si procede, los sistemas decorativos necesarios (ver apartado *Decoración*).

Una vez aplicadas las capas de esmalte sobre el soporte cerámico, éstas, inicialmente plásticas, por succión y evaporación superficial del agua de la suspensión aplicada, se van convirtiendo en un recubrimiento compacto de partículas, consistente y de espesor uniforme, denominado comúnmente capa consolidada.

Decoración

Los procesos de decoración utilizados en la fabricación de baldosas cerámicas han sufrido una importante evolución durante los últimos años. Por un lado, la necesidad de lanzar al mercado productos con nuevos acabados estéticos y de mejorar la competitividad de las empresas, ha favorecido la irrupción de nuevos sistemas de decoración. Por otro lado, los factores económicos, que impulsan continuamente la obtención de productos de alta calidad al menor coste posible, han provocado la mejora en los sistemas de fabricación, en los materiales y en los equipos utilizados para la decoración de las baldosas.

Aunque se pueden decorar las piezas en varias etapas del proceso productivo, como en el prensado (mediante la adición al soporte de diferentes materiales) o en etapas posteriores a la cocción (por deposición física de vapor o láser), en este apartado se tratan únicamente los sistemas que permiten plasmar motivos sobre la superficie de las piezas cerámicas en la línea de esmaltado, antes de la cocción, ya que son las aplicaciones mayoritarias.

Se pueden diferenciar los siguientes sistemas decorativos de baldosas cerámicas:

Serigrafía

Esta técnica representa la evolución del sistema de trepa utilizado hasta los años 60 del siglo XX, que se basaba en el uso de recortes de plantillas, realizados de forma manual, en papel encerado, que colocados sobre la pieza cerámica permitían transferir el color solo a través de las perforaciones del mismo. Debía crearse, como mínimo, una trepa por cada color.

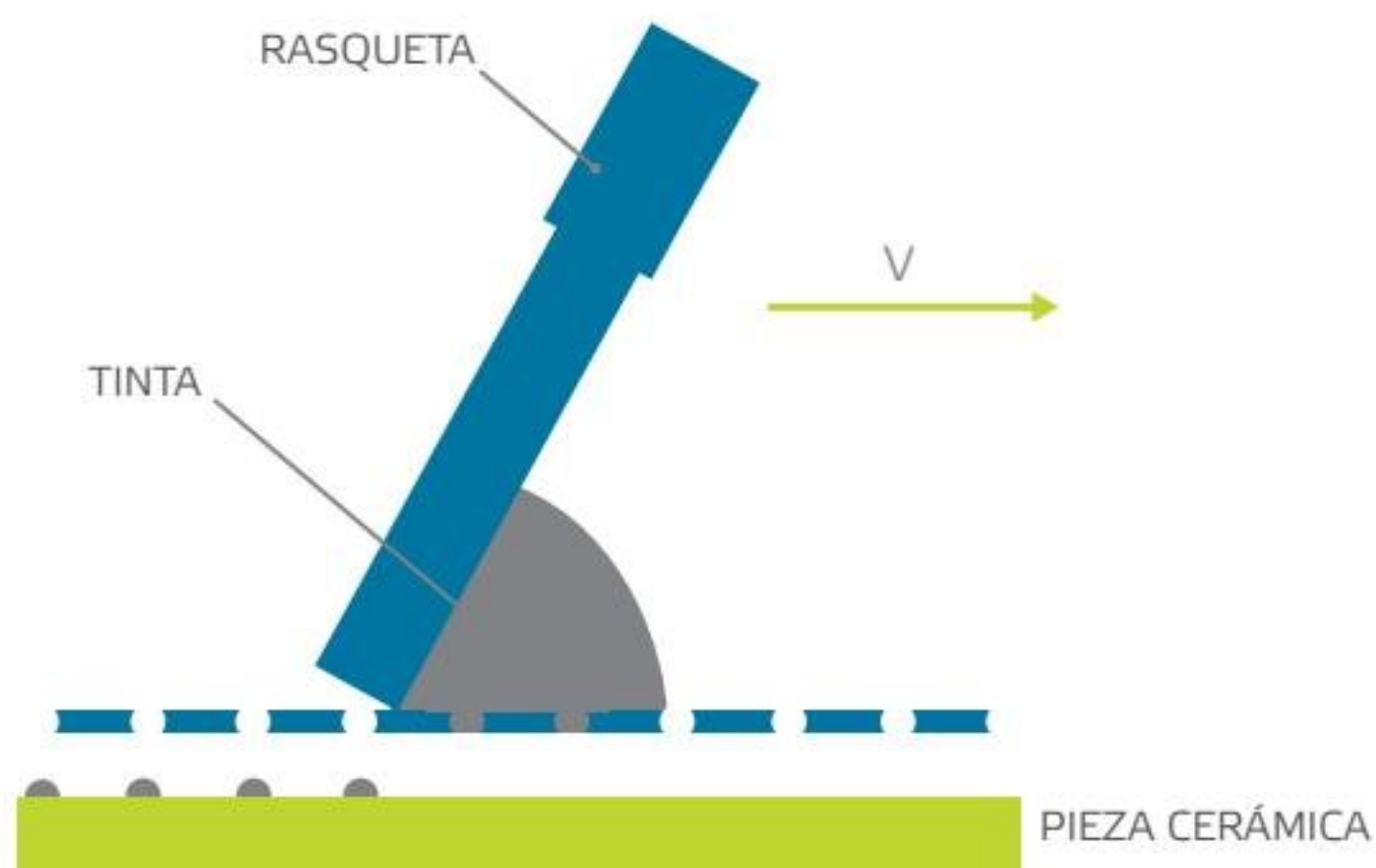
El fundamento de la serigrafía es similar, pero en este caso el papel encerado se sustituye por un marco entelado con una malla fina, denominado pantalla serigráfica, el cual se obtura en determinadas zonas, generalmente por medios fotográficos, para que el color pueda transferirse únicamente a través de los huecos. También en este caso se necesita una pantalla por cada uno de los colores aplicados.

La tinta atraviesa los orificios de la pantalla, que forman un dibujo, por la acción de un dispositivo mecánico, denominado habitualmente espátula o rasqueta. Dicha pantalla puede ser plana o curva.

En caso de la pantalla plana, se deposita la tinta serigráfica sobre su superficie, se extiende sobre ella y, cuando la baldosa se sitúa bajo la misma, la espátula hace pasar la tinta por presión, a través de los orificios, a la pieza (ESQUEMA 1.6).

En las pantallas curvas, el funcionamiento es el mismo, pero mientras la espátula se mantiene inmóvil, es el cilindro el que gira, manteniéndose el paso de la tinta serigráfica a través de los orificios y su depósito sobre la superficie de la baldosa.

La tendencia actual es el uso de pantallas con orificios de paso cada vez menores, para conseguir efectos decorativos más complejos y con un mayor grado de definición. Esto supone que las tintas serigráficas necesiten un tamaño de partícula menor, que estén exentas de aglomerados y que tengan sus propiedades reológicas optimizadas.



ESQUEMA 1.6.
Mecanismo de transferencia de una tinta serigráfica a través de una pantalla.



Aerografía

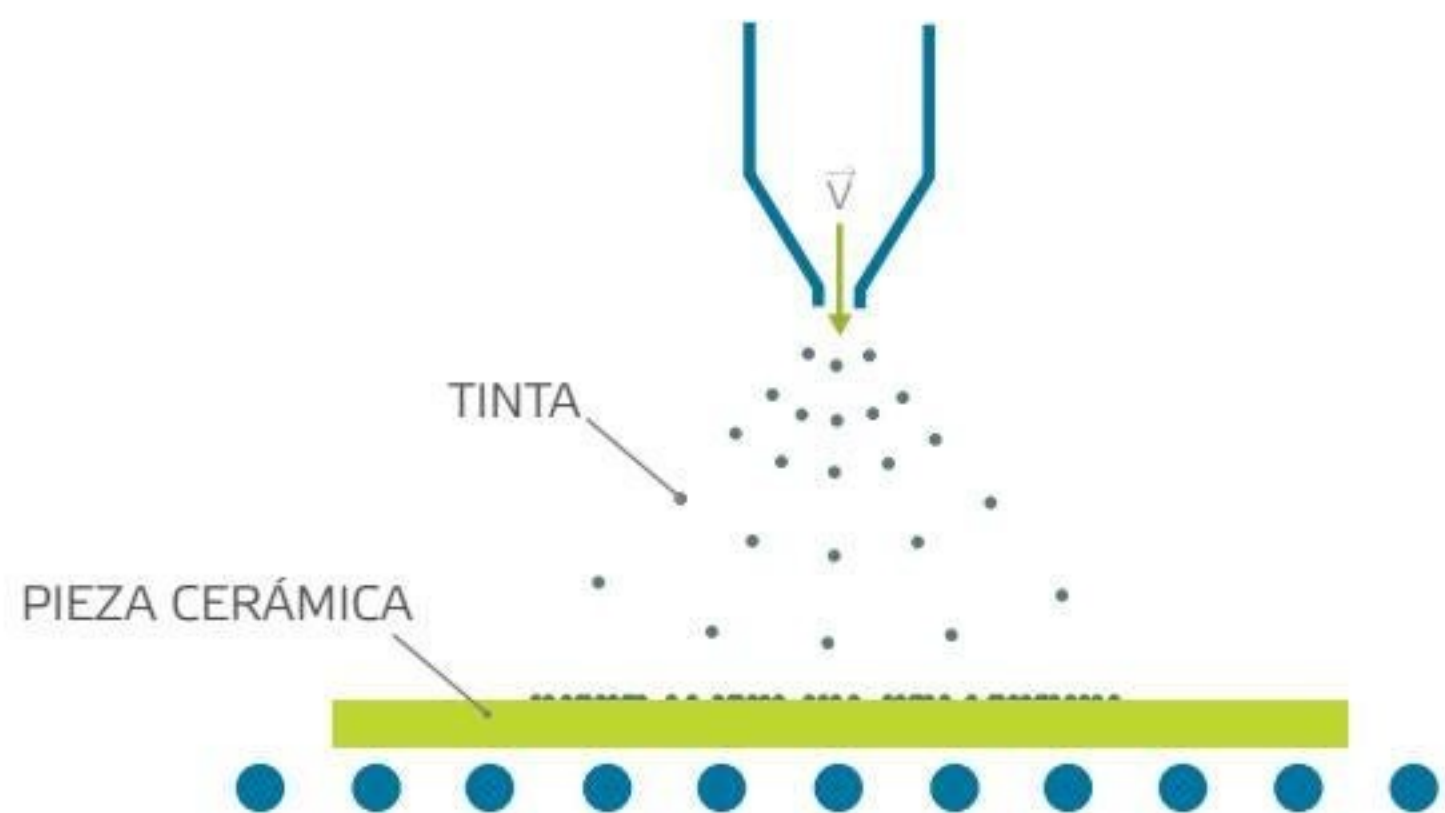
La aplicación con un aerógrafo consiste en pulverizar una suspensión de esmalte haciéndola pasar a través de una boquilla. Esta pulverización puede realizarse mediante la acción de aire a presión (por efecto Venturi), o impulsando la propia suspensión mediante el uso de una bomba.

El uso de aire a presión está siendo eliminado ya que provoca que, la multitud de pequeñas gotas de la suspensión generadas por aspersión (efecto aerosol), además de ser depositadas sobre la superficie de la baldosa, se dispersen profusamente en el ambiente.

El uso de la bomba hace que las gotas generadas se concentren mayoritariamente en la dirección en la que salen de la boquilla, reduciéndose notablemente la dispersión ambiental (ESQUEMA 1.7). Además, los aerógrafos actuales van provistos de una cabina cerrada que encierra a la boquilla, para mejorar las condiciones de trabajo.

Esta técnica, además de constituir un proceso de decoración de piezas, también se utiliza para aplicar suspensiones de esmalte.

La cantidad de esmalte pulverizado, puede producir tanto un efecto decorativo en la superficie de la pieza, como recubrir completamente la misma.



ESQUEMA 1.7.
Funcionamiento de un aerógrafo.

Huecograbado

Esta técnica utiliza un rodillo en cuya superficie se han practicado, mediante un sistema de impresión láser, una serie de orificios que, en su conjunto, definen el dibujo que se desea transferir a la baldosa. El diámetro y la profundidad de estas cavidades vienen determinados en el momento de su grabación.

Como el orificio se crea por láser, es de menor tamaño que el obtenido fotográficamente en las pantallas serigráficas, por lo que los dibujos obtenidos tienen mayor definición.

En el ESQUEMA 1.8 se muestra un equipo de aplicación por huecograbado. La tinta es depositada en la parte superior del rodillo y extendida sobre la superficie del mismo con la ayuda de una espátula, que, además, fuerza el llenado de las cavidades que presenta y limpia el resto de la superficie.

Posteriormente, cuando el rodillo entra en contacto con la baldosa, la tinta se transfiere de las cavidades en que se encuentra retenida a la superficie de aquella, debido a la mayor adherencia que presenta sobre una superficie porosa, como es la de la baldosa cruda o cocida.

Son de gran importancia algunas variables del equipo, como el tipo de cavidad o el ajuste de la espátula. En el caso de la decoración, este último presenta una importancia decisiva a la hora de regular la cantidad de tinta introducida en las cavidades del rodillo y posteriormente transferida a la baldosa. Así, una vez ajustada para eliminar el material sobrante, la mayor o menor proximidad de la espátula al rodillo incrementará o reducirá la cantidad de tinta que penetre en sus cavidades, y lo mismo sucederá al modificar el ángulo de contacto entre ambos elementos. En la práctica, se revela decisiva la regulación de la posición de la espátula para conseguir no sólo una decoración exenta de defectos (emborronamientos, falta de definición, etc.), sino también el ajuste de la cantidad de tinta depositada que es, en última instancia, la que determina el tono de la baldosa decorada.



ESQUEMA 1.8.
Esquema funcionamiento huecograbado.

Flexografía

A semejanza de la técnica de huecogrado, es este un sistema basado en la transferencia de materia por contacto. No obstante, el principio de funcionamiento es justamente el opuesto. En este caso, la tinta no queda retenida en los huecos del rodillo, sino en el relieve del mismo. El equipo (ESQUEMA 1.9) consta de un rodillo liso sobre el cual se fija una lámina de un polímero, que presenta una zona en relieve, correspondiente al dibujo que se desea reproducir.

La lámina acoplada al rodillo se pone en contacto con el rodillo dosificador de la suspensión, de modo que la parte en relieve de su superficie se impregne en la misma. Posteriormente, cuando debido a su propio giro, entra en contacto con la baldosa, le transfiere la tinta que porta, produciéndose la estampación.



ESQUEMA 1.9.
Esquema funcionamiento flexografía.

Impresión por chorro de tinta

La impresión por chorro de tinta es la técnica más moderna empleada en la decoración de baldosas cerámicas, aunque el procedimiento se viene usando en otros campos desde hace años, como es el caso de la impresión gráfica, donde se encuentra bastante generalizado.

Se basa en hacer pasar la tinta a través de una boquilla, que la pulveriza, formando un chorro de pequeñas gotas que deben alcanzar el sustrato y forman un dibujo sobre él. A diferencia de otros procedimientos, en este

caso se trata de desviar estas gotas de modo que impacten en el sustrato en diferentes puntos para crear el dibujo deseado. Esta acción puede combinarse con el movimiento de dicho sustrato permitiendo obtener decoraciones más complejas.

Este sistema de impresión de piezas cerámicas está basado en la utilización de cuatro tintas básicas (cian, magenta, amarillo y negro), que, junto con un proceso electrónico de transferencia de imágenes permite decorar la pieza con los motivos y tonalidades deseadas.

La impresión se realiza sin necesidad de detener la pieza y sin entrar en contacto con ella, ya que la tinta se deposita mediante inyectores, por lo que permite la decoración total de la pieza, incluso de aquellas con relieves y aristas redondeadas.

Por otra parte, todas las fases del proceso hasta la impresión se hacen de forma electrónica, por lo que es posible realizar los ajustes necesarios de forma rápida sin la necesidad de crear nuevas tintas o pantallas. (Ejemplo página 39).



Cocción

etapa	variable	azulejo	gres esmaltado	gres porcelánico
cocción	temperatura máxima (°C) ciclo (min)	1120 - 1160 35 - 60	1140 - 1170 35 - 55	1180 - 1220 45 - 65

TABLA 1.4. Variables de proceso. Datos de cocción.

Esta es la etapa más importante del proceso de producción de baldosas cerámicas, ya que es el momento en el que las piezas previamente moldeadas sufren una modificación fundamental en sus propiedades, dando lugar a un material duro, resistente al agua y a los productos químicos y que posee, además, características excelentes y muy diversificadas. Por otro lado es el momento en el que se pone de manifiesto si las operaciones realizadas en las anteriores etapas del proceso productivo se han desarrollado convenientemente y si el producto acabado ha adquirido las propiedades y características deseadas.

Antiguamente la cocción de baldosas cerámicas se realizaba en hornos túneles y los ciclos duraban unas 12 horas (cocción tradicional). La necesidad de aumentar las producciones y minimizar los consumos energéticos ha supuesto una completa revolución en esta etapa, consiguiéndose reducir los ciclos de cocción a valores comprendidos entre los 35 y los 65 minutos (cocción rápida), con lo que ha sido necesario redefinir todo el proceso industrial y acoplar todos los materiales empleados en la fabricación.

En la actualidad, la cocción de baldosas cerámicas se realiza en hornos monoestrato de rodillos que permiten realizar estos ciclos tan cortos, tienen menor consumo energético y aportan mayor uniformidad y flexibilidad de proceso.

El material que sale de las prensas, se dispone de forma automática en una sola capa y en filas sobre los rodillos de entrada al horno. Por el propio giro de estos rodillos el material va entrando por la boca del horno y va siendo sometido al ciclo de cocción elegido.

El ciclo elegido y la temperatura máxima de cocción es propio de cada tipo de producto, ya que las exigencias térmicas están en función de la naturaleza de la composición que se ha preparado, e incluso del propio fabricante, quien define sus propios parámetros de funcionamiento, aunque de una forma general se puede resumir como se indica en la TABLA 1.4, y siempre presentan una etapa de calentamiento claramente diferenciada de la etapa de enfriamiento, cuyas características principales son:



FOTOGRAFÍA 1.16. Salida de piezas de un horno de rodillos.

Etapa inicial de calentamiento

Abarca entre el 55 y 60% de la longitud total del horno y se puede diferenciar entre:

Etapa inicial de calentamiento.

En la entrada al horno el factor que limita la velocidad de calentamiento es el peligro de explosión de piezas, motivada por una eliminación violenta del exceso de humedad residual en forma de vapor. Esta humedad procede de la adsorción de la humedad del ambiente de las piezas durante su almacenamiento, el agua que se aplica en el esmaltado, y la humedad residual a la salida del secadero.

En esta primera zona se inicia el calentamiento de las piezas de forma lenta hasta alcanzar aproximadamente los 400°C para favorecer la eliminación de dicho exceso de humedad, y en ella se realiza la extracción de los humos producidos durante la combustión.

Calentamiento.

En esta zona es donde tiene lugar el aporte energético que permite llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica y de las impurezas, la eliminación de los productos gaseosos generados durante ellas, así como la descomposición de los carbonatos (sobre todo cálcico) presente en el soporte.

Para evitar la aparición de defectos superficiales, alteraciones en el color y texturas en el interior (corazón negro) del producto acabado, es imprescindible que todas las reacciones indicadas, se completen antes de que la permeabilidad del esmalte y del soporte sean tan bajas, que prácticamente impidan la difusión de la especie gaseosas (CO_2 , O_2 , etc.) producidas en el interior de la pieza. Por ello, las temperaturas a las que transcurre esta etapa son ligeramente inferiores a las de reblandecimiento del esmalte (inicio de la transformación a estado viscoso), comprendidas generalmente entre 750°C y 900°C.

Cocción.

Se considera como tal el momento en el que se produce la sinterización de las piezas. El soporte, al irse calentando, comienza, de una manera progresiva, a producir fase vítrea (en el caso de composiciones de gres) o fases cristalinas estables (en composiciones de azulejos o revestimientos), y la mezcla de materias primas se va transformando en una única estructura química compleja.

En el caso de las piezas esmaltadas, los esmaltes sufren una transformación similar a la de la pasta, pero en general la cantidad de fase vítrea producida es mayor, presentando un mayor grado de vitrificación.

La zona de cocción debe corresponder al intervalo de temperaturas comprendido entre el inicio de la vitrificación (formación de fase vítrea) y el inicio de la deformación de la pieza por efecto del calor. Debe ser lo más amplio posible, debiendo estar la temperatura óptima de cocción dentro de este intervalo, no demasiado cerca del inicio de la sinterización para que el material no sea demasiado poroso, y no demasiado cerca del inicio de la deformación para que la pieza no quede deformada.

El tiempo de permanencia de la pieza en esta zona debe ser lo suficientemente largo como para que toda la pieza pueda sufrir la vitrificación completa y así asegurar la estabilidad dimensional del producto.

Durante la etapa de cocción (y también durante el final del calentamiento) la pieza sufre una importante variación dimensional por dilatación térmica, que se invertirá durante el enfriamiento de la misma. Esta dilatación térmica debe ser considerada durante la formulación de la pasta, el engobe y el esmalte, ya que la falta de acoplamiento entre ellos puede provocar importantes problemas de curvatura en el producto final.

La temperatura máxima de cocción varía en función del tipo de producto, pero se puede decir que está comprendida entre 1130-1220°C, y el tiempo de permanencia a dicha temperatura es de 2 ó 3 minutos.

Etapa de enfriamiento

Abarca entre el 40 y el 50% restante de la longitud total del horno y se pueden diferenciar tres etapas:

Enfriamiento forzado a alta temperatura:

Se realiza por convección forzada, haciendo incidir aire a temperatura ambiente en el interior del horno a poca distancia de las piezas.

La elevada resistencia al choque térmico de las piezas a alta temperatura, permite que éstas puedan enfriarse de forma rápida sin que se produzcan roturas, a pesar del elevado gradiente térmico que se establece en su interior.

Enfriamiento natural:

En este intervalo de temperaturas el enfriamiento de las piezas se realiza casi exclusivamente por radiación y convección natural.

Durante este periodo de enfriamiento se produce la transformación alotrópica que presenta el cuarzo a 537°C, por la cual existe un cambio de estructura cristalina de cuarzo $\beta \rightarrow$ cuarzo α con una importante disminución de volumen (0.8%), lo que puede provocar roturas, falta de uniformidad y tensiones que minimicen la estabilidad final de la pieza. Esta transformación, que aunque no es la única que se produce si es la más significativa, condiciona a este tramo de enfriamiento lento.

Esta transformación del cuarzo es reversible, con lo cual también se ha producido en la etapa de calentamiento, pero en sentido contrario. Como la etapa de calentamiento es lenta y larga de por sí, no suele ser considerada en dicho tramo.

Enfriamiento forzado a baja temperatura:

Superado el anterior punto crítico, el material se hace nuevamente resistente al choque térmico, por lo que el enfriamiento final se hace otra vez por convección forzada, hasta una temperatura en la que el producto pueda ser manipulado (aproximadamente 100°C).

Esta curva de cocción puede ser aplicada en líneas generales, tanto para los casos de bicocción como de monococción, teniendo en cuenta que en monococción la aparición de defectos generados por procesos de calentamiento o enfriamientos demasiado rápidos van a ser más probables (por el efecto de la cocción del esmalte sobre el soporte crudo), por lo que deben tenerse más precauciones tanto en la etapa de calentamiento, como en la de cocción.

En el GRÁFICO 1.1 se relaciona las diferentes zonas de un horno monoestrato en función de las etapas de las que consta una curva de cocción.

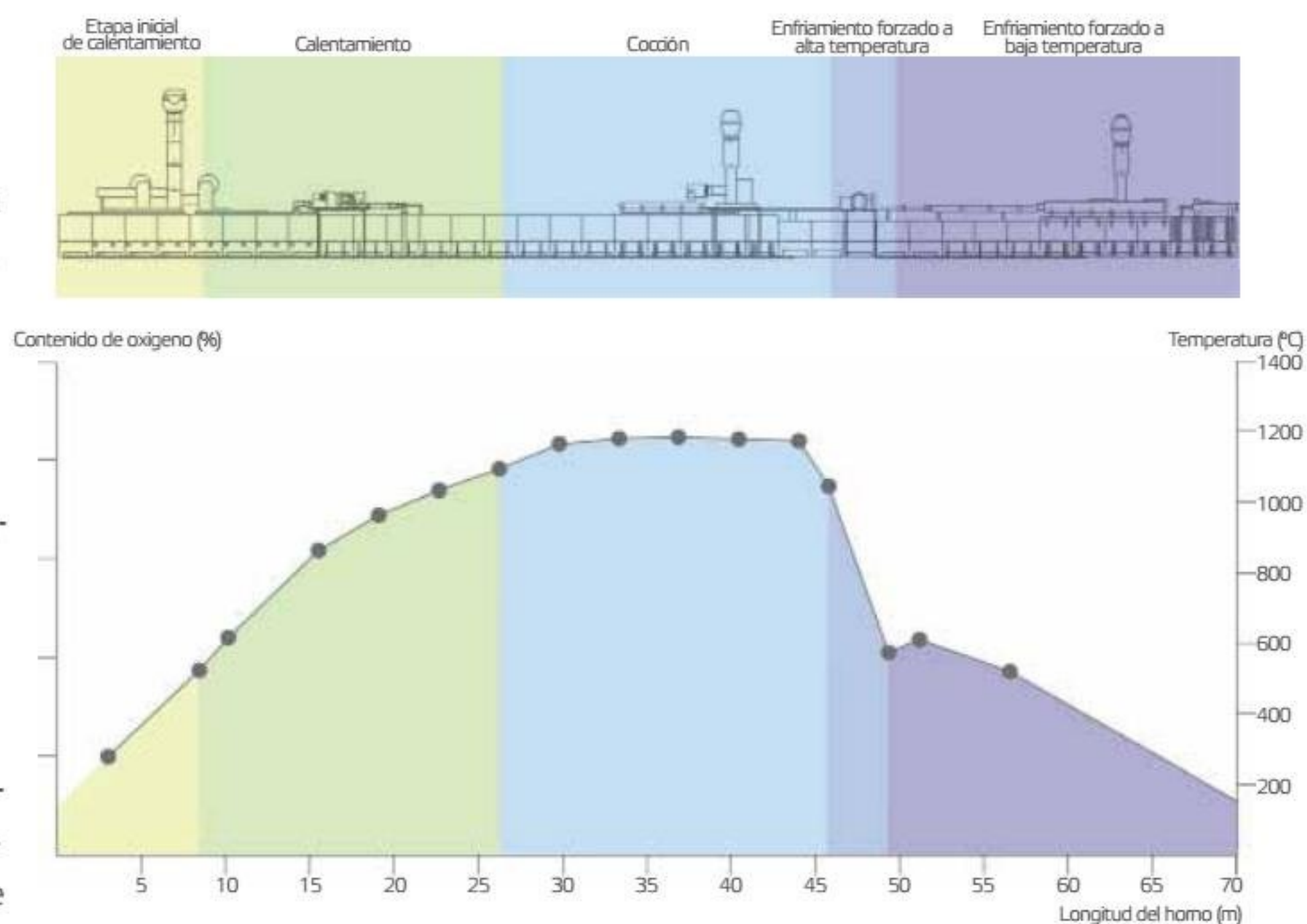


GRÁFICO 1.1. Curva de cocción en horno de cocción de baldosas cerámicas.



FOTOGRAFÍA 1.17. Vista lateral de un horno de rodillos. 043





tipos de baldosas
cerámicas y
piezas especiales

Baldosas cerámicas normalizadas

Azulejo

Gres esmaltado

Gres porcelánico

Gres rústico

Baldosín catalán

Barro cocido

Piezas complementarias

Sistemas

Mosaico

La norma UNE-EN 14411:2007 establece para las baldosas cerámicas, una clasificación básica en base a la porosidad de la pieza (medida como absorción de agua), y al método de conformado utilizado, según se recoge en la TABLA 2.1.

Cuando se establecieron estos criterios de clasificación, los usos de estos productos eran limitados (residencial e Industrial) y las tipologías estaban tácitamente enfocadas para un determinado destino del mercado (extrudidos=industrial/exterior, porosidad baja=pavimento, porosidad alta=revestimiento). Asimismo, se aplicaban diferentes especificaciones y métodos de ensayo, realizándose una asignación implícita, aunque no documentada, de baldosas no esmaltadas (UGL) para uso industrial y baldosas esmaltadas (GL) para uso residencial.

En 1998 se armonizó la normativa a nivel internacional, mediante la publicación de la norma de especificaciones ISO 13006 y de las normas de ensayo UNE EN ISO 10545.

Ambas normas (ISO 13006 y UNE-EN 14411) son equivalentes en su contenido técnico, y solamente se diferencian en la inclusión del anexo ZA (**Marcado CE**) de aplicación exclusiva y obligado cumplimiento según la norma europea.

Aunque la nueva normativa UNE EN ISO mantiene ligeras diferencias en el tratamiento de las baldosas esmaltadas y no esmaltadas, ha unificado los métodos de ensayo para los diferentes tipos de baldosas cerámicas, con la única excepción de la resistencia a la abrasión, para la que siguen existiendo dos normas de ensayo distintas.

En la actual normativa persiste el mismo criterio de clasificación inicial, el cual hoy en día resulta insuficiente, ya que no permite relacionar los diferentes grupos de clasificación con los actuales usos previstos (fachadas, uso comercial y público, alto tránsito, equipamiento urbano, etc.), debido a la amplia diversificación existente del uso de las baldosas cerámicas.

Para facilitar la adecuada selección y utilización de los materiales, y con el objetivo de fomentar la calidad en la edificación, la Dirección General de Arquitectura y Vivienda y el Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, promovieron el desarrollo de la Guía de la Baldosa Cerámica.

Así, y con la colaboración de expertos representantes de los diversos ámbitos profesionales que intervienen en el proceso de edificación, como son el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC), la Asociación de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicos (ASCER) y representantes de la industria de adhesivos, se elaboró un documento técnico de referencia.

Una de las aportaciones principales de la Guía de la Baldosa Cerámica es la definición de una terminología y unos criterios de clasificación funcional de los productos, de uso común entre los distintos profesionales de la edificación, clasificación que a continuación se detalla:

Tipo de moldeo	Grupo Ia $E \leq 0.5\%$	Grupo Ib $0.5\% < E \leq 3\%$	Grupo IIa $3\% < E \leq 6\%$	Grupo IIb $6\% < E \leq 10\%$	Grupo III $E > 10\%$
A Baldosas extrudidas	Grupo AIa Absorción de agua muy baja	Grupo AIIb Absorción de agua baja	Grupo AIIIa Absorción de agua media-baja	Grupo AIIb Absorción de agua media-alta	Grupo III Absorción de agua alta
B Baldosas prensadas en seco	Grupo BIa Absorción de agua muy baja	Grupo BIIb Absorción de agua baja	Grupo BIIIa Absorción de agua media-baja	Grupo BIIb Absorción de agua media-alta	Grupo III Absorción de agua alta

TABLA 2.1. Grupos normalizados de baldosas cerámicas.

Azulejo

m edidas usuales	g rosor usual	a bsorción de agua	c arga de rotura	a brasión GL	a brasión UGL	r esistencia a la helada	r esistencia química
10x10 a 35x70 cm	< 10 mm	11 - 15 %	300 - 1200 N	variable	-	no	variable

TABLA 2.2. Características técnicas de azulejos.

Azulejo es la denominación tradicional de las baldosas cerámicas con una absorción de agua alta, prensadas en seco y esmaltadas. Su fabricación puede ser por monococión o bicoción. Sus características técnicas los hacen particularmente adecuados para revestimiento de paredes interiores en locales residenciales o comerciales.

El cuerpo o soporte es de mayólica (loza fina) blanca o de color, que va del ocre al pardo amarillento o rojizo, sin que el color afecte por sí a las cualidades del producto. Es de textura fina y homogénea, siendo poco apreciable a simple vista granos, inclusiones o poros. Las superficies y aristas son regulares y bien acabadas.

La cara vista está cubierta por un esmalte vitrificado, en una amplia gama de colores y puede estar decorado.

Las formas predominantes son la cuadrada y la rectangular. Se fabrican de muchas medidas, siendo usuales desde 10x10cm a 35x70cm. Las piezas complementarias usuales son listelos o tiras, molduras y cenefas.

Los azulejos están comprendidos dentro del grupo BIII, GL, de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14111, Anexo L (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua E>10%, esmaltadas).

tipos de baldosas cerámicas

baldosas cerámicas normalizadas



tipos de baldosas cerámicas

baldosas cerámicas normalizadas



Gres esmaltado

m edidas usuales	g rosor usual	a bsorción de agua	c arga de rotura	a brasión GL	a brasión UGL	r esistencia a la helada	r esistencia química
10x10 a 35x70 cm	< 10 mm	11 - 15 %	300 - 1200 N	variable	-	no	variable

TABLA 2.3. Características técnicas de gres esmaltado.

Gres esmaltado es la denominación más frecuente de las baldosas cerámicas de absorción de agua baja o media-baja, prensadas en seco, esmaltadas y fabricadas generalmente por monococción. Se conocen también bajo la denominación de pavimento gresificado, pavimento cerámico esmaltado o simplemente pavimento cerámico.

Son adecuadas para suelos interiores en locales residenciales o comerciales y, aquellas que reúnan las características oportunas, en especial la resistencia a la helada o una alta resistencia a la abrasión, pueden utilizarse para recubrimientos de fachadas y de suelos exteriores.

El soporte es de gres (absorción de agua baja) o gresificado (absorción de agua media-baja), blanco, claro o de color entre ocre y pardo oscuro, sin que ello afecte a otras características del producto. Es de textura fina y homogénea y son poco apreciables a simple vista elementos heterogéneos. Las superficies y aristas son regulares y bien acabadas.

El esmalte de la cara vista, de mate a muy brillante, puede ser blanco o monocolor, y puede estar decorado con motivos diversos.

La forma predominante es la cuadrada desde 10cmx10cm a 60cmx60cm, con variantes de una o mas esquinas achaflanadas, aunque también se encuentran piezas rectangulares. Las piezas complementarias usuales son tacos, listelos, rodapié, peldaño y zanquín.

El gres esmaltado está comprendido dentro de los grupos BIb, GL (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua baja $E < 3\%$, esmaltadas) y BIIa, GL (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua media-baja $3\% \leq E < 6\%$, esmaltadas) de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14111, Anexos H y J.

En ocasiones esta denominación se utiliza para designar baldosas moldeadas por extrusión, las cuales presentan una absorción de agua en torno al 3%. Es conveniente, por lo tanto cerciorarse de qué material se trata.

tipos de baldosas cerámicas

baldosas cerámicas normalizadas



Gres porcelánico

medidas usuales	grosor usual	tipos	absorción de agua	carga de rotura	abrasión UGL	resistencia a la helada	resistencia química
15x15 a 60x120 cm	> 8 mm	UGL GL	< 0.1 % < 0.5 %	1800 - 5200 N	110 - 160 mm ³ variable	sí	sí variable

TABLA 2.4. Características técnicas de gres porcelánico.

Gres porcelánico es la denominación de las baldosas cerámicas con muy baja absorción de agua, prensadas en seco, generalmente no esmaltadas y fabricadas por monococción. Se utilizan para recubrimientos interiores en edificaciones residenciales, comerciales e incluso industriales, para suelos exteriores y fachadas y, para revestimiento de paredes interiores, en este caso generalmente con acabado pulido.

El gres porcelánico es el tipo de baldosa cerámica de más reciente aparición en el mercado. La producción española es completa en variedad y aumenta al ritmo de la demanda. Se diferencian dos tipos básicos:

> **Gres porcelánico no esmaltado**, para el que se ha generalizado la denominación porcelánico técnico, con absorción de agua extremadamente baja (inferior a 0,1%). La cara vista es la del propio soporte de la baldosa y puede ser de color liso o decorada. Se presenta tal como resulta de la cocción (gres porcelánico natural) o tras un proceso de pulido más o menos intenso, que le da brillo y lisura (gres porcelánico pulido y satinado). La cara vista puede tener relieves con fines decorativos, o en forma de puntas de diamante, estrías, ángulos, con fines antideslizantes, para suelos exteriores o locales industriales.

> **Gres porcelánico esmaltado**, con absorción de agua muy baja (límite 0,5%). La cara vista está cubierta de un esmalte vitrificado, que puede ser monocolor o decorado.

El color del soporte varía según el tipo de producto y es de textura muy fina y homogénea, no siendo apreciables a simple vista elementos heterogéneos (salvo adiciones intencionadas). Las superficies y aristas son regulares y bien acabadas, excepto en las baldosas prensadas en seco de intencionada apariencia rústica o en las baldosas extrudidas.

Predominan las formas cuadrada y rectangular. Las medidas usuales en el mercado varían desde 15x15cm a 60x120cm. Las piezas complementarias empleadas son listelos, tacos, peldaños, rodapiés, etc.

El gres porcelánico prensado en seco está comprendido dentro de grupo Bla (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua $E < 0,5\%$) de la norma ISO 13006 y EN-UNE 14411, Anexos G y A. España ha propuesto crear y normalizar un grupo Ala (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua $E < 0,5\%$).

Gres rústico

medidas usuales	grosor usual	absorción de agua	carga de rotura	abrasión GL	abrasión UGL	resistencia a la helada	resistencia química
11.5x11.5 a 24x40 cm	> 10 mm	1.5 - 6 %	2200 - 4500 N	-	240 - 400 mm ³	si - no	si

TABLA 2.5. Características técnicas de gres rústico.

Gres rústico es el nombre empleado para designar las baldosas cerámicas con absorción de agua baja o media baja y extrudidas, generalmente no esmaltadas. No deben confundirse con gres esmaltado de acabado intencionalmente rústico. Sus características particulares los hacen especialmente adecuados para revestimiento de fachadas, solados exteriores (incluso de espacios públicos), suelos de locales públicos, suelos industriales, etc. Las irregularidades de color, superficie y aristas les confieren posibilidades decorativas particulares.

Hay una gran variedad de tipos, entre los que se encuentran:

- > Las baldosas llamadas **"quarry tiles"** por su similitud con las inglesas de esta denominación. Después de la extrusión y corte son moldeadas a baja presión y pueden recibir en ese momento una marca en los cantos.

- > Las baldosas separables, conocidas con el nombre alemán **"Spaltplatten"**. Se moldean extrudiendo simultáneamente dos piezas, unidas por las estrías del dorso, que se separan una vez cocidas con un golpe seco que deja en las estrías un perfil irregular de rotura. Los lados largos suelen tener un pequeño rebaje en escalón para proteger las aristas durante la cocción.
- > Las baldosas de **gres salado**, sobre cuya cara vista se proyecta sal común durante la cocción, resultando una película con brillo bronceado discreto; se usan en paramentos, incluso exteriores, ya que en suelos, aunque de tránsito poco intenso, pierden esa película.

El soporte es de color variable entre ocre y pardo muy oscuro, de textura heterogénea en la que se aprecian a simple vista granos, inclusiones, po-

ros y otras irregularidades. Las caras y las aristas pueden tener irregularidades propias de este material, que son aceptadas o incluso intencionadas.

Predominan las formas cuadradas y rectangulares, entre 11x11cm y 45x45cm, con grosores muy variables según tipos y medidas.

El gres rústico está mayoritariamente comprendido en los grupos AI, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua $E < 3\%$, no esmaltadas), o Alla (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua $3\% \leq E < 6\%$, no esmaltadas) de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14411, Anexos A, B o C.

En ocasiones esta denominación se utiliza para designar baldosas moldeadas por prensado en seco. Es conveniente, por lo tanto cerciorarse de qué material se trata.

Baldosín catalán

m edidas usuales	g rosor usual	a bsorción de agua	c arga de rotura	a brasión GL	a brasión UGL	r esistencia a la helada	r esistencia química
13x13 a 24x40 cm	< 8 mm	gran dispersión	500 - 1800 N	-	700 - 900 mm ³	no	variable

TABLA 2.6. Características técnicas de baldosín catalán.

Baldosín catalán es el nombre tradicional de baldosas con absorción de agua desde media-alta a alta o incluso muy alta, extrudidas, generalmente no esmaltadas. La producción y el consumo son estables o con suave tendencia a la baja, y como su nombre indica, su fabricación está concentrada mayoritariamente en Cataluña. El baldosín no esmaltado se utiliza para solado de terrazas, balcones y porches, con frecuencia en combinación con olambrillas (pequeñas piezas cuadradas de gres blanco con decoración azul, o de loza esmaltada con decoración en relieve o multicolor).

El soporte es de color rojo o pardo rojizo, propio de la arcilla cocida, de textura poco homogénea, y es frecuente poder ver pequeños granos, poros o incrustaciones.

La cara vista del baldosín no esmaltado es lisa y del color del soporte. Una pequeña parte de la producción recibe una cubierta vidriada, de color rojo o verde (baldosín vidriado), y tiene un uso tradicional y muy limitado, en bancos de cocina de viviendas con un marcado ambiente rural.

Hay que prever la posibilidad de que el baldosín catalán no esmaltado necesite un tratamiento superficial impermeabilizante de la cara vista con ceras o productos "ad hoc", para mejorar su resistencia a las manchas y a los productos de limpieza.

Las formas y medidas predominantes son la cuadrada o rectangular, desde 13x13cm a 24x40cm. Pero hay otras muchas formas (hexágonos, octógonos regulares u oblongos, con lados curvilíneos) y gran variedad de piezas complementarias (molduras, cubrecantos, tiras, tacos, peldaños, rodapiés, vierteaguas).

Estas baldosas están mayoritariamente comprendidas en los grupos AIIb, UGL (baldosas cerámicas extrudidas, con absorción de agua $6\% < E \leq 10\%$, no esmaltadas) y AIII, UGL (baldosas cerámicas extrudidas, con absorción de agua $E > 10\%$) de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14111, Anexos D, E o F.

Barro cocido

m edidas usuales	grosor usual	a bsorción de agua	carga de rotura	a brasión GL	a brasión UGL	r esistencia a la helada	r esistencia química
gran dispersión	> 10 mm	6 - 15 %	2300 - 3200 N	variable	300 - 800 mm ³	no	variable

TABLA 2.7. Características técnicas de barro cocido.

Barro cocido es la denominación que se aplica comúnmente a una gran variedad de baldosas con características muy diferentes, coincidentes solo en la apariencia rústica y en la alta absorción de agua y, en que la mayoría de ellas no están esmaltadas. La producción es limitada, discontinua y muy dispersa y generalmente se fabrican en pequeñas unidades productivas y con medios artesanales.

El soporte es de color térreo y no uniforme, de textura muy irregular y con granos, poros e incrustaciones fácilmente visibles. Las caras y las aristas tienen marcadas irregularidades que se dan por supuestas como propias de estos productos. Hay gran dispersión de formas y medidas.

Hay que prever la posibilidad de que necesiten un tratamiento superficial de la cara vista con ceras o productos “ad hoc”, antes o después de la colocación, por razones de aspecto (brillo) o funcionales (prevención de manchas, resistencia a productos de limpieza, impermeabilidad).

Las baldosas de barro cocido están, en su mayor parte, comprendidas en los grupos AIIb UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua 6%<E≤10%) y AIII, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua E<10%) de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14411, Anexos E o F.

tipos de baldosas cerámicas

baldosas cerámicas normalizadas



Piezas complementarias



Son de muy diversas medidas y formas, incluso algunas de ellas no son planas. Existe una gran variedad, con fines decorativos como listelos, tacos, tiras, molduras y cenefas y con funciones claramente definidas: rodapiés, peldaños, zanquines, vierteaguas, escuadras, cubrecantos, pasamanos, etc.

Sistemas

Son conjuntos de piezas de medidas, formas o colores diferentes que tienen una función o un uso común.

Los sistemas para escaleras incluyen peldaños, tabicas, rodapiés o zanquines, generalmente de gres. Los peldaños pueden ser iguales a las piezas para suelo salvo unas estrías o relieves antideslizantes paralelos al borde de ataque, que frecuentemente es romo o vuelto.

Los sistemas para piscinas incluyen piezas planas (lisas, estriadas u onduladas) y tridimensionales (para

ángulos, rinconeras, bordes, remates, rebosaderos, canaletes y escalones). Son generalmente esmaltadas y de gres. Deben tener buena resistencia a la intemperie y a los agentes químicos de limpieza y aditivos para las aguas de piscina.

Pueden considerarse también sistemas, los conjuntos de piezas planas de diferentes medidas y frecuentemente de más de un color, moduladas de forma que sus medidas reales puedan combinarse. Se utilizan para pavimento y menos frecuentemente para revestimiento.



Mosaico

Es el nombre aplicado a las piezas generalmente cuadradas y pequeñas, considerando como tales a las que pueden inscribirse en un cuadrado de 7x7cm, aunque generalmente miden entre 2x2cm y 5x5cm. La denominación mosaico solo hace referencia a las medidas de las piezas pero no a la clase de material.

Para facilitar su colocación se presentan, en general, pegados por la cara vista a hojas de papel perforado o, por el dorso, a una red textil, de papel o de plástico. Se mantienen así en conjuntos regulares de 30x30cm o 30x60cm o de ese orden formados por piezas iguales, o de medidas o formas coordinadas, de uno o más colores o incluso formando dibujos (greas, dameros u otros). El papel de la cara vista se desprende tras la colocación y la red dorsal queda incorporada al material de agarre.

Los tipos actualmente existentes en la producción española, la cual es reducida y estable, son:

- > Mosaico de **gres** con baja o media-baja absorción de agua, de soporte blanco o coloreado mediante la adición de colorantes a la masa. Se utilizaban en cocinas y baños privados, pero actualmente se destinan a estancias húmedas públicas (piscinas, duchas y locales de características similares).
- > Mosaico **esmaltado**, con absorción de agua media-alta o alta, con soporte de color claro, formas variables, incluso no rectangulares; se utiliza para revestimiento de cuartos de baño y piscinas privadas, y para revestimiento de superficies curvas o con concavidades y convexidades.
- > Mosaico de **vidrio** que, no siendo cerámico, se menciona por su similitud al anterior; tiene porosidad prácticamente nula, puede tener una gran variedad de colores lisos o moteados, y es adecuado para revestir paredes de locales húmedos y piscinas.
- > Puede considerarse mosaico el **"trencadís"**, piezas troceadas irregularmente de formas y colores diferentes que se utilizan con fines decorativos.



Características de los productos cerámicos en función del uso

Características dimensionales

Características mecánicas

Carga de rotura a la flexión

Resistencia a la abrasión

Características adicionales

Resistencia al deslizamiento

Resistencia a la helada

Resistencia química

La decisión de elegir un determinado producto para el recubrimiento de un local debe basarse, no solamente en la adecuación de sus características a las condiciones de uso previstas, sino además, en la seguridad de que dichas características se mantendrán inalteradas durante un período de tiempo económicamente razonable.

Es por tanto imprescindible que las baldosas cerámicas cumplan con una serie de especificaciones técnicas, algunas de ellas comunes para todas ellas y otras específicas según el uso al que vayan destinadas.

Dichas características técnicas comunes para las baldosas cerámicas, sus valores críticos y las normas para su medición, basadas en la metodología propuesta en La Guía de la Baldosa Cerámica, se recogen en la TABLA 2.8.

En función del uso al que destinemos los recubrimientos cerámicos se debe tener en cuenta, además de las características comunes antes definidas, una serie de requerimientos técnicos los cuales se clasifican en tres grupos:



TABLA 2.8. Diagrama de obtención de código de baldosa.

Características dimensionales

Hace referencia a las dimensiones, rectitud de lados, ortogonalidad y planitud de superficie (curvatura central, curvatura lateral y alabeo) de las baldosas cerámicas, propiedades que deben ser determinadas a la salida de los hornos de producción como control de calidad propio del fabricante.

Según las especificaciones de la norma UNE-EN-ISO 10545-2, debe tomarse medida de todas las características dimensionales sobre 10 piezas diferentes y comparar entre sí y con una pieza modelo de producción para comprobar las desviaciones que aparecen.

En función de que estas desviaciones, sean mayores o menores, se puede hablar de tres tipos de uso de las baldosas en función de sus características dimensionales:

- > **Tipo 1** designa baldosas que se han de instalar con junta de colocación, habitualmente en superficies horizontales. Es el menos exigente, y las piezas que se inscriben en este grupo son recomendables para pavimentos.
- > **Tipo 2** designa baldosas que pueden ser instaladas sin junta de colocación y en superficies horizontales (pavimentos).
- > **Tipo 3** designa baldosas que pueden ser instaladas sin junta de colocación en superficies verticales (revestimientos). Es el tipo más exigente.

Características mecánicas

Hacen referencia a la capacidad de la baldosa cerámica de soportar el peso (carga de rotura a la tracción) y la resistencia al desgaste (resistencia a la abrasión) durante su uso. En función de los valores obtenidos al aplicar las normas UNE-EN-ISO 10545-4 y UNE-EN-ISO 10545-7 correspondientes, se pueden diferenciar entre siete grados de baldosas cerámicas:

- > **Tipo 1:** Uso en revestimiento (valores de rotura a la flexión $>450\text{N}$ y resistencia a abrasión <600 revoluciones en baldosas esmaltadas).
- > **Tipo 2:** Uso en pavimento con tránsito peatonal leve (valores de rotura a la flexión $>900\text{N}$ y resistencia a abrasión ≥ 600 revoluciones en baldosas esmaltadas).
- > **Tipo 3:** Uso en pavimento con tránsito peatonal moderado (se diferencia del anterior sólo en el volumen de materia eliminada para baldosas no esmaltadas, que debe ser $<2.356\text{mm}^3$ para el tipo 2, y $<1.419\text{mm}^3$ para el tipo 3.)
- > **Tipo 4:** Uso en pavimento con tránsito peatonal medio (valores de rotura a la flexión $>900\text{N}$ y resistencia a abrasión ≥ 1500 revoluciones en baldosas esmaltadas).

- **Tipo 5:** Uso en pavimento con tránsito intenso (valores de rotura a la flexión $>900\text{N}$ y resistencia a abrasión ≥ 2.100 revoluciones en baldosas esmaltadas).
- **Tipo 6:** Uso en pavimento con tránsito peatonal muy intenso (valores de rotura a la flexión $>900\text{N}$ y resistencia a abrasión ≥ 6.000 revoluciones en baldosas esmaltadas).
- **Tipo 7:** Uso en pavimento con tráfico rodado (valores de rotura a la flexión $>2000\text{N}$ y resistencia a abrasión ≥ 6.000 revoluciones en baldosas esmaltadas).

Carga de rotura a la flexión

El ensayo de determinación de la resistencia a la flexión y de la fuerza de rotura consiste en medir sobre una muestra de 7 baldosas, en las condiciones establecidas en la norma ISO 10545-4, la carga de rotura expresada en N, necesaria para romper la baldosas. Posteriormente se calcula la fuerza de rotura (multiplicando la carga de rotura por la distancia entre apoyos y dividiendo por la anchura de la baldosas), expresada en N, y la resistencia a la flexión (obtenida dividiendo la fuerza de rotura por el grosor mínimo en la línea de rotura de la baldosa) expresada en N/mm^2 .

La resistencia exigida en las baldosas es función del uso destinado a las mismas, así los valores mínimos varían entre los 450N (46kg) para el empleo en revestimiento, los 900N (92kg) para pavimentos usados en lugares de tránsito peatonal, y los

2000N (205kg) para aquellos pavimentos donde se prevea el desplazamiento de cargas móviles.

Es importante señalar que en otros tipos de superficies (suelos técnicos, pavimentos exteriores, aceras, etc.) se debe evaluar previamente cual es el nivel de carga máxima requerido, y en su caso, exigir a los pavimentos, siempre una resistencia superior.

Un ejemplo de la correcta adecuación al uso es el pavimento de la calle de San Vicente en Burriana (Castellón) (FOTOGRAFÍA 2.1), el cual está compuesto por piezas prensadas en seco y no esmaltadas, formatos de $98 \times 98 \times 20\text{mm}$ y con valores de resistencia mecánica de aproximadamente 15.000N , muy superiores a los exigidos por la guía de la baldosa cerámica para pavimentos con tráfico rodado.

FOTOGRAFÍA 2.1.
Calle San Vicente, Burriana (Castellón).



Resistencia a la abrasión

La determinación de la resistencia a la abrasión es diferente para el caso de baldosas esmaltadas (norma ISO 10545-7) y para las no esmaltadas (norma ISO 10545-6), por lo que, no es posible comparar las prestaciones entre ambos tipos de baldosas.

➤ Para las baldosas esmaltadas el ensayo consiste en someter la cara vista de 11 probetas (100x100mm), cortadas de las baldosas, a la acción de una carga abrasiva, compuesta de bolas de acero, corindón y agua destilada, en un abrasímetro normalizado. Las etapas de abrasión especificadas corresponden a 100, 150, 600, 750, 1.500, 2.100, 6.000 y 12.000 revoluciones. Tras el ensayo se evalúan visualmente las probetas en las condiciones establecidas en la norma, determinándose la etapa más baja en la que se aprecia cambio de aspecto de la superficie ensayada. El resultado se comprueba por repetición de dicha etapa, y de la etapa anterior y posterior, para decidir la clasificación. La norma admite que las baldosas abrasionadas en etapas con número de revoluciones ≥ 1.500 se sometan a un ensayo de

resistencia a las manchas, según la norma ISO 10545-14.

Además, la norma contempla la evaluación de otras propiedades como la pérdida de masa, cambio de color, cambio de brillo, etc.

➤ Para las baldosas no esmaltadas el ensayo se denomina determinación de la resistencia a la abrasión profunda, y consiste en efectuar una huella sobre la superficie vista de 5 probetas de 100mmx100mm, mediante un disco de acero perpendicular a la superficie ensayada, girando a 150 revoluciones.

Entre el disco de acero y la superficie de la baldosa, se deja caer un caudal constante de corindón de tamaño de partícula determinado, como agente abrasivo. Finalizado el ensayo, se mide la huella obtenida y se calcula mediante una el volumen de masa perdida.

El comité español AEN/CTN 138, adopta un nuevo método de ensayo (UNE 138001 IN: 2008) para la evaluación de la resistencia al desgaste de forma única para piezas esmaltadas y no esmaltadas, y permite simular el comportamiento en condiciones reales de uso. En ese mismo documento se establece unas recomendaciones para la selección de pavimentos considerando tanto la presencia o no de partículas abrasivas sobre la superficie, como la intensidad del tránsito que soportarán.

En la TABLA 2.9 se indican las clases L2*, L3* y H4* como válidas para el caso en el que se disponga de sistemas eficaces de retención de suciedad en los accesos exteriores exclusivamente. Obviamente, la presencia de partículas abrasivas en los locales interiores se asocia al arrastre de las mismas desde el exterior adheridas al calzado de los usuarios, concentrándose el desgaste principalmente en las zonas próximas a los accesos al exterior. Por ello, siempre es recomendable la interposición de sistemas de retención de suciedad en los accesos directos del exterior, lo que minimiza la presencia de abrasivo y reduce el desgaste, aumentando considerablemente la durabilidad de la instalación.

tipo de uso	Clase
TRÁNSITO LIGERO INTERMITENTE EN AUSENCIA DE ABRASIVO (Ej.: Cuartos de baño de uso doméstico)	L1
TRÁNSITO LIGERO SIN ACCESO DIRECTO AL EXTERIOR (Ej.: Viviendas en edificios, elementos comunes)	L2
TRÁNSITO LIGERO CON ACCESO DIRECTO AL EXTERIOR (Ej.: Viviendas unifamiliares, comercio al detalle)	L2 ^[1] / L3
TRÁNSITO MEDIO CON ACCESO DIRECTO AL EXTERIOR (Ej.: Comercios y locales de media asistencia de público)	L3 ^[1] / H4
TRÁNSITO INTENSO CON ACCESO DIRECTO AL EXTERIOR (Ej.: Locales de uso público, Área de ventas de centros comerciales)	H4 ^[1] / H5
TRÁNSITO INTENSO CONTINUO CON PRESENCIA CONSTANTE DE SUCIEDAD (Ej.: Zonas peatonales de equipamiento urbano)	H6

^[1] Clase solamente válida cuando disponga de sistemas eficaces de retención de suciedad en los accesos exteriores

TABLA 2.9: Resistencia al desgaste recomendada en función del tipo de uso previsto.

Características adicionales

Resistencia al deslizamiento

Actualmente, en el ámbito internacional coexisten varios sistemas para evaluar la resbaladicidad de los pavimentos al deslizamiento, pero no se dispone de ninguna correlación entre los resultados obtenidos por cada uno de ellos.

España, a través del Código Técnico de la Edificación, ha adoptado, como sistema de evaluación, el método del péndulo de fricción (UNE-ENV 12633) para definir los requisitos exigibles relativos a la resbaladicidad de los suelos en edificios y zonas de uso hospitalario, docente, comercial y de

pública concurrencia. En base a este método, los pavimentos se clasifican en 4 categorías, de la 0 a la 3, donde a un mayor número le corresponde una mayor resistencia al deslizamiento (TABLA 2.10).

tipos de baldosas cerámicas

características en función del uso

C _{clase}	U ^{ne-env} ₁₂₆₃₃	tipo de superficie
0	$R_d \leq 15$	sin requisitos
1	$15 < R_d \leq 35$	interiores con pendientes menores del 6%
2	$35 < R_d \leq 45$	interiores con pendientes igual o mayores del 6% y escaleras, interiores húmedos (vestuarios, duchas, aseos, cocinas, etc.) con pendientes menores de 5%
3	$R_d > 45$	interiores húmedos (vestuarios, aseos, cocinas, etc.) con pendientes superiores a 6%, interiores húmedos con grasas, aceites, etc. exteriores y piscinas

TABLA 2.10. Clasificación de pavimentos según su resistencia al deslizamiento.

C _{clase}	U ^{ne-env} ₁₂₆₃₃	tipo de superficie
0	$R_d \leq 15$	Pulido, Brillante granilla protectora, Brillante serigrafía protectora, Liso sin relieve, Liso satinado
1	$15 < R_d \leq 35$	Brillante serigrafía protectora, Liso satinado, Liso mate, Mate con granilla, Porcelánico natural, Liso con relieve, Liso mate rugoso, Porcelánico natural rugoso
2	$35 < R_d \leq 45$	Liso mate muy rugoso, Liso con aplicación antideslizante, Liso con relieve
3	$R_d > 45$	Con relieve y con aplicación antideslizante

TABLA 2.11. Clase de deslizamiento según tipo de superficie.

En la TABLA 2.11 se observa que algunos tipos de superficies aparecen en dos categorías contiguas, en función de los valores de rugosidad que su acabado superficial determine.

Es de señalar que el aumento de la rugosidad de la superficie tiende a mejorar la fricción (principalmente en condiciones de suelo seco), pero paralelamente aumenta la tendencia a la retención de suciedad. Por otra parte, aunque la utilización de relieves superficiales antideslizantes permite aumentar la fricción sin alterar exce-

sivamente las prestaciones higiénicas del pavimento, la presencia de dichos relieves altera la manera natural de caminar y genera incomodidad en el usuario, por lo que esta solución solamente suele utilizarse en aquellas aplicaciones en las que resulta prioritaria la seguridad frente al resto de condicionantes (uso industrial, aceras exteriores, bordes de piscinas, etc.).

Existen, no obstante, soluciones industriales basadas en vidriados especiales que permiten modular el grado de deslizamiento de un pavimento

Dado que la fricción depende tanto de la rugosidad de la superficie como de la geometría del relieve presente en la misma, es posible anticipar la tipología de superficie que se requerirá en cada condición de uso. De forma orientativa se incluye en la TABLA 2.11 un criterio para relacionar ambos aspectos, detallando el tipo de superficie recomendada en función del nivel de resistencia al deslizamiento exigido.

mediante la generación de un microrelieve en la superficie que favorece la adherencia tanto por contacto como por penetración.

Este es el caso del Ágora de la Universidad Jaime I de Castellón, en la cual la aplicación de un microrelieve ha dado lugar a un pavimento antideslizante clasificado como clase 3 y con una resistencia al deslizamiento $R_d > 45$ (FOTOGRAFÍA 2.2).



FOTOGRAFÍA 2.2. Ágora Universitat Jaume I.

Resistencia a la helada

Esta característica está relacionada directamente con la porosidad del material cerámico ya que la penetración de agua en los poros y su posterior expansión por congelación, pueden producir la rotura de la pieza o el desconchado del esmalte. Es por ello que para que el material cerámico sea considerado antihielo debe presentar una absorción de agua inferior al 3% y superar el ensayo UNE-EN ISO 10545-12.

En este ensayo, en primer lugar, se procede a la impregnación por vacío de una muestra de 10 baldosas sin defectos (al menos 0.25m^2), y posteriormente, se somete a las baldosas a 100 ciclos de hielo-deshielo en una cámara frigorífica.

Al diseñar una instalación en exteriores con condiciones climáticas adversas, además de la elección del recubrimiento cerámico oportuno, debe prestarse especial atención a la selección de la técnica de colocación, material de agarre y material de re-juntado, con el objeto de garantizar la ausencia de acumulación de humedad bajo el embaldosado y así, evitar la impregnación de las baldosas.

Resistencia química

Este ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la norma ISO 10545-13, que consiste en aplicar, sobre la superficie de las probetas (5 para cada reactivo), una cantidad determinada de cada reactivo, durante un cierto tiempo.

La actual norma ISO, aunque ha unificado los reactivos utilizados en los ensayos de baldosas esmaltadas y no esmaltadas, continúa manteniendo diferencias importantes en el tiempo de contacto con las probetas, siendo mucho más estricta en el caso de baldosas no esmaltadas.

Los reactivos empleados son cloruro amónico (como producto doméstico de limpieza), hipoclorito sódico (como aditivo empleado en piscinas), ácido cítrico, clorhídrico, e hidróxido potásico (como ácidos y álcalis en baja concentración) y ácido láctico, ácido clorhídrico e hidróxido potásico (como ácidos y álcalis en alta concentración).

Para evitar alteraciones superficiales del pavimento, además de la resistencia química a los productos domésticos de limpieza, exigible en cualquier condición de uso, siempre se debe, al menos, exigir la resistencia a los ácidos y a las bases en baja concentración en todos aquellos locales con requisitos de higiene especial (baños, cocinas, hospitales, etc.) o donde se requiera la utilización de agentes de limpieza enérgicos o productos químicos (terrazas, locales comerciales, usos industriales).

Por otro lado, siempre que se exija este tipo de resistencia química, se debe tener en cuenta que no resultará adecuado el rejuntado con lechada de cemento y deberá considerarse la utilización de materiales de rejuntado con resistencia química equivalente a la del pavimento (clase CG2).

Piezas especiales

Preparación de la composición

Conformado y secado de la pieza

Además de los productos cerámicos tradicionales, y más concretamente de las baldosas cerámicas, las cuales han sido tratados en los capítulos anteriores de este libro, deben mencionarse también, por su interés desde el punto de vista arquitectónico, todas aquellas piezas cerámicas que se fabrican "ex profeso" para un determinado proyecto, concebidas con características particulares y funciones propias, que pueden ser piezas planas o no y de grandes dimensiones.

Es importante dejar constancia que gracias a la versatilidad de los procesos de fabricación, hoy en día se dispone de una enorme capacidad de producción de piezas de diferentes formas, tamaños y funcionalidades, no existiendo más limitación que la de elegir adecuadamente el tipo de proceso necesario según la naturaleza de las piezas que se desea obtener.

En la FOTOGRAFÍA 2.3 podemos observar dos poliedros de unos tres metros de altura sobre una base de algo más de un metro. Están formados por un soporte metálico lacado recubierto con piezas cerámicas de gres porcelánico de tamaño 90x60cm con varios acabados. Las formas de las piezas permiten que cada una de ellas se una a la siguiente, de modo que van acoplándose a través de los vértices de estas uniones, y se encuentran distanciadas del cuerpo central unos 4cm y se disponen a la manera de fachada ventilada.

Estas piezas de gres porcelánico están fabricadas siguiendo el esquema del proceso de baldosas cerámicas: vía húmeda, atomización, prensado en seco, decorado de algunas piezas por impresión por chorro de tinta y posterior monococción en horno de rodillos. Algunas de las piezas han sido tratadas mediante PVD (physical vapour deposition) consiguiendo un aspecto totalmente metálico.



Preparación de la composición

La elección de materias primas es función directa del tipo de pieza a producir y éstas pueden ser mezcladas y trituradas tanto por vía seca como por vía húmeda, según el sistema de conformado que se haya elegido.



Conformado y secado de la pieza

El conformado de las piezas puede realizarse con los mismos sistemas de prensado y extrusión empleados en la fabricación de baldosas cerámicas, o bien mediante sistemas de colado empleados en la fabricación de otros productos cerámicos tradicionales como los sanitarios o las piezas de vajillería.

> **El conformado por extrusión** puede emplearse siempre que la pieza a obtener sea de sección constante, y permite moldear piezas con altos contenidos en material desgrasante, mejorando su plasticidad y cohesión en crudo a través de la adicción de ligantes orgánicos.

Así se han fabricado los hexágonos que conforman la cubierta del **Mercat de Santa Caterina** y las piezas que constituyen las **columnas del pabellón de España en la Exposición Universal de Zaragoza** (FOTOGRAFÍAS 2.4 y 2.5).



tipos de baldosas cerámicas

piezas especiales

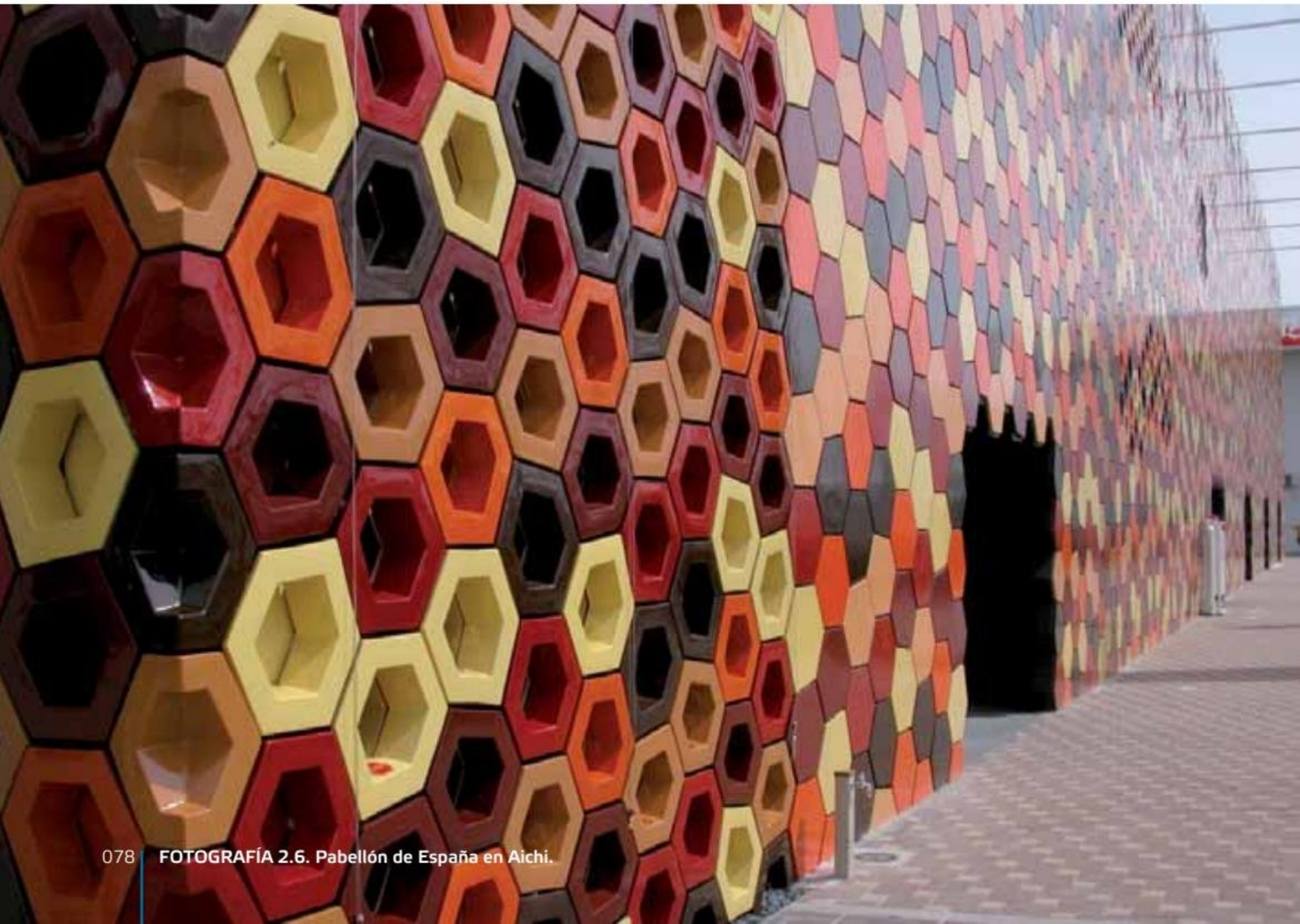


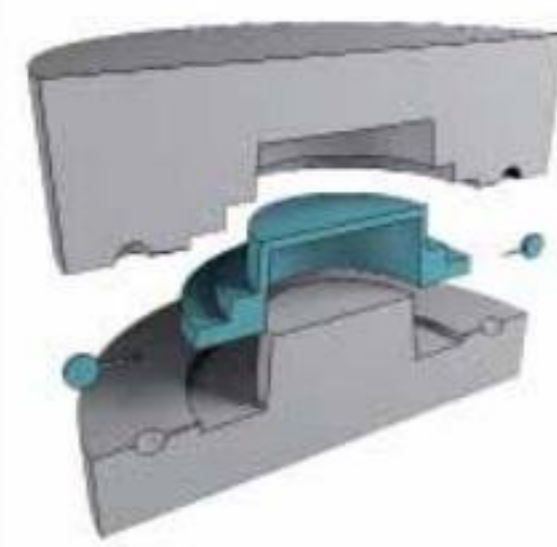
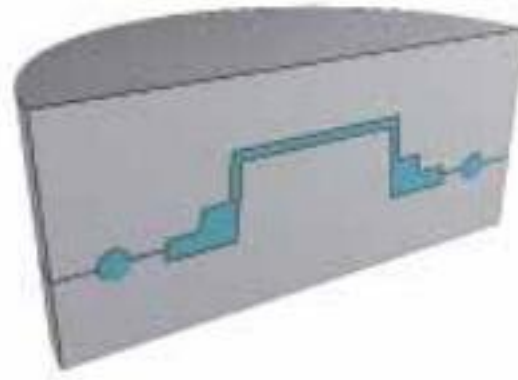


- > **El conformado por prensado** puede realizarse en seco al igual que en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas anteriormente descrito. Con este sistema de conformado se han fabricado las piezas que forman la cubierta del Palau Sant Jordi en Barcelona.

Además, existe la posibilidad de realizar el conformado de las piezas mediante prensado plástico (ESQUEMA 2.1), para el cual se emplean moldes de escayola, constituidos por dos piezas de escayola que corresponden a la mitad superior e inferior del producto a fabricar, y la mezcla de materias primas se usa en forma de barbotina con un 20-25% de agua. Este es uno de los medios más económicos empleados en la fabricación de productos cerámicos.

Las piezas cerámicas del **Pabellón de España en Aichi** son piezas volumétricas con unas medidas aproximadas de 40x40x20cm que se han fabricado por prensado plástico y se han esmaltado usando diferentes esmaltes de vivos colores mediante aerografía.



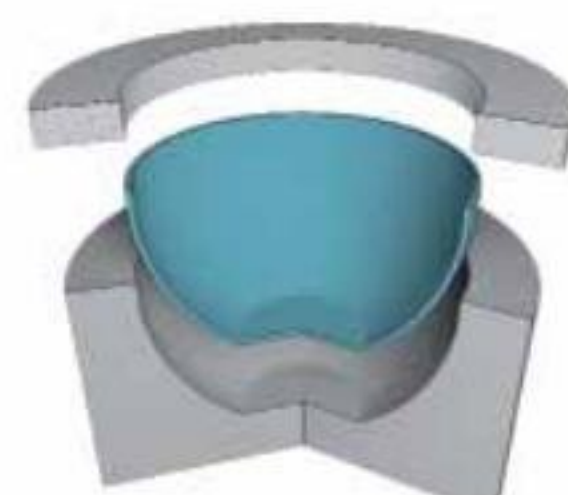
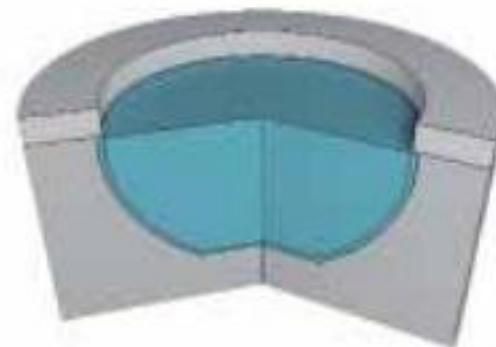
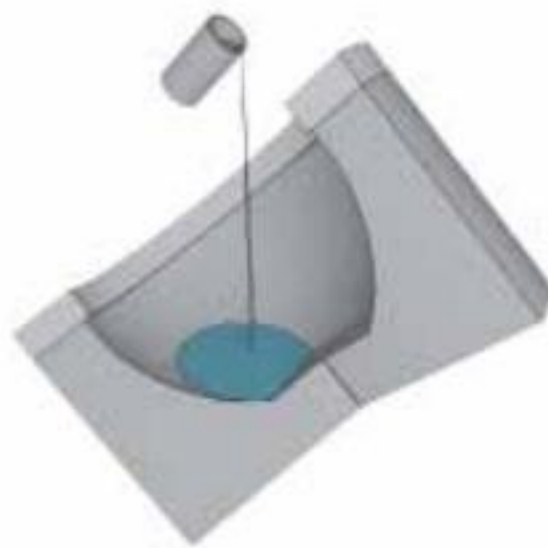


ESQUEMA 2.1. Equipo de prensado plástico.

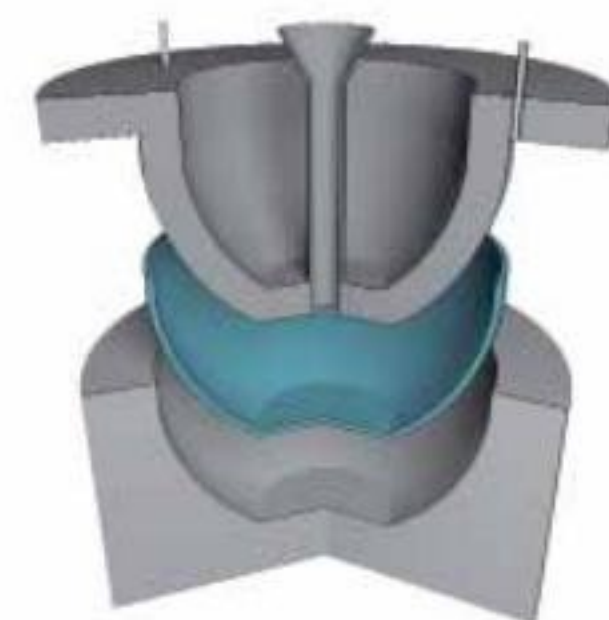
- > El conformado por colado se emplea para obtener piezas con formas complejas, empleando suspensiones acuosas (barbotinas) de materias primas con una mínima cantidad de agua y una fluidez elevada, que se obtiene mediante la adición de reactivos especiales convenientemente

dosificados. El proceso de colado consiste en introducir la barbotina elegida en un molde de yeso, el cual absorbe una cantidad de agua determinada, que provoca el endurecimiento de la pasta con la que está en contacto. En función de la densidad y del grado de plasticidad de la

barbotina, del tiempo de contacto y de las características del molde, se obtendrá un espesor de capa u otro, pudiendo dar lugar a piezas de diferente grosor (ESQUEMA 2.2). Si la forma que se desea obtener lo requiere, puede emplearse un sistema de doble molde (ESQUEMA 2.3).



ESQUEMA 2.2. Proceso de colado al vacío.



ESQUEMA 2.3. Proceso de colado entre dos moldes.

tipos de baldosas cerámicas

piezas especiales

También se puede realizar un moldeo manual sobre un molde determinado. Así se han obtenido las piezas de Villa Nurbs, las cuales se han conformado manualmente sobre un molde de poliestireno expandido.

(FOTOGRAFÍA 2.7)



tipos de baldosas cerámicas

piezas especiales



Esmaltado y/o decoración

El esmaltado de las piezas, cuando sea necesario, puede llevarse a cabo por cualquiera de los métodos descritos en las páginas 31 y 32, siempre que los equipos empleados se adecuen al tamaño de la pieza, o utilizar el método de aerografía descrito en la página 36, con el que han sido esmaltadas las piezas cerámicas del Pabellón de España en Aichi.

Cocción

Las piezas especiales, pueden ser cocidas en hornos monoestratos (como las baldosas cerámicas), empleando ciclos de cocción generalmente más largos, tanto en monococción como en bicocción, siempre que dimensionalmente sea posible. Sin embargo, si las piezas son no planas y presentan un volumen considerable, se deben usar hornos de diferentes características. Estos hornos, empleados para cocer

piezas cerámicas tradicionales de gran tamaño, suelen ser de producción discontinua y de grandes dimensiones, dotados de un armazón de hierro fundido o acero y un revestimiento de ladrillo refractario. Pueden tener techos planos o abovedados, y el material se introduce en ellos apilado en vagonetas con ruedas a través de una puerta metálica. La curva de cocción es mucho más larga que la empleada para cocer baldosas

cerámicas en los hornos de rodillos. En la FOTOGRAFÍA 2.8 se observa una vagoneta cargada de tejas mixtas (con una parte plana y la otra curva) a la entrada de un horno de producción industrial que presenta unas dimensiones aproximadas de 100 metros de longitud, 2 metros de alto y 6 metros de altura. Estos hornos industriales tienen ciclos de cocción que varían entre 24 y 36 horas.





A large, bold, lime green number '3' that serves as the background for the text.

proyecto y puesta
en obra

Instalación por adherencia

Introducción

Normas y documentos de referencia

Elementos del sistema de recubrimiento

Soportes base

Capas intermedias

Superficie de colocación

Materiales de agarre

Juntas de colocación

Juntas de movimiento

Técnicas de colocación

Preparación y aplicación de los materiales

Rejuntado y limpieza final, mantenimiento

Sistemas de recubrimiento especiales

Requerimientos especiales

Sistemas básicos

Introducción

Variables en la concepción técnica y en la ejecución de recubrimientos cerámicos

Desde la aprobación de la Ley de Ordenación de la Edificación de 1999 y, especialmente, el Código Técnico de la Edificación de 2006, el recubrimiento cerámico es la epidermis de una solución constructiva que, en la mayoría de las situaciones, debe cumplir una serie de exigencias básicas demandados por los diferentes Documentos Básicos del CTE y en este contexto el recubrimiento cerámico deberá contemplar:

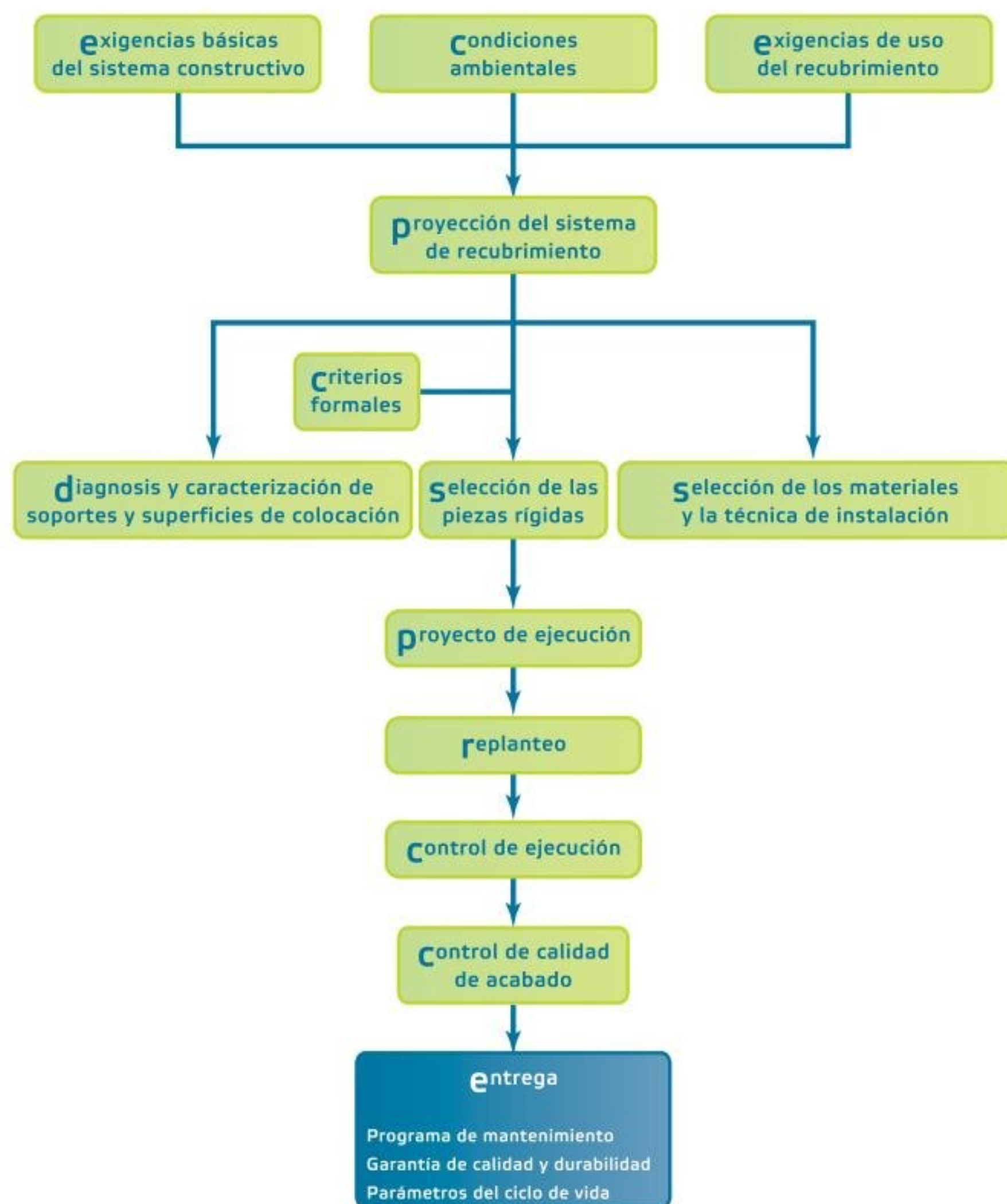
- > Los requisitos que definen su **funcionalidad**: aislamientos, impermeabilidad y comportamiento frente al fuego, más una serie de requisitos particulares ante exigencias especiales.
- > Las **condiciones climáticas** y el potencial riesgo de **agresión ambiental** en el momento de la instalación y el endurecimiento de los materiales, pero también a lo largo de la vida útil del recubrimiento.
- > Consideraciones de **ubicación, uso y agresiones externas** diferentes a las ambientales.

Con estas premisas se pueden seleccionar las baldosas cerámicas, pero antes es necesario conocer los soportes y superficies sobre los que van a ser asentadas, las capas intermedias que dan respuesta a las funcionalidades exigidas o preparan la superficie para la entrega al embaldosado y la misma superficie como adherendo antes de definir los materiales y la técnica de instalación por adherencia.

Su diagnóstico y caracterización son esenciales para el aseguramiento de la calidad y durabilidad del recubrimiento cerámico.

Por lo tanto se debe contemplar:

- > **Selección de las baldosas cerámicas**, en función de las exigencias de uso del recubrimiento y también según los aspectos formales que demanda el proyecto.
- > **Soportes de colocación**, tanto para cubrir las exigencias funcionales como la preparación para recibir por adherencia el embaldosado.
- > **Materiales de agarre y rejuntado** y las **técnicas de colocación**, incluyendo las particularidades de ejecución:
 - Control de las superficies de colocación.
 - Operaciones de replanteo.
 - Preparación y aplicación de los materiales.
 - Condiciones ambientales en la preparación, aplicación y endurecimiento de los materiales.
- > **Controles de ejecución.**
- > **Condiciones de aceptación** del recubrimiento.
- > **Mantenimiento y parámetros del ciclo de vida** de los materiales usados en el sistema de recubrimientos y, en su caso, la **garantía** prevista.



ESQUEMA 3.1.
Variables en la concepción técnica y en la ejecución de recubrimientos cerámicos.

Normas y documentos de referencia

En España, sólo se dispone de las Normas Tecnológicas de la Edificación para referenciar las condiciones de ejecución y entrega de los recubrimientos cerámicos. En consecuencia, los requisitos de esas normas deben tomarse como referencia primaria del proyecto de recubrimiento:

- > **NTE RPA/1973**, dedicada a los **alicatados** interiores.
- > **NTE RSR/1984**, dedicada a los **solados con piezas rígidas** y, entre ellos, los cerámicos, absorbiendo la anterior NTE RSB/1975.

Entre otros contenidos, esas normas definen las **condiciones de no aceptación automática**, que servirán para establecer el control de calidad de acabado. El proyectista deberá incorporar, además, las condiciones de entrega en cuanto **aplomado (paramentos)** y **constancia de nivel** en solados.

A la hora de definir el proyecto de recubrimiento, se dispone de un documento informativo europeo de referencia: **UNE-CEN/TR 13548 IN** (2007), que establece las reglas generales para la proyección e instalación de recubrimientos cerámicos. Un documento generalista que sirve únicamente para estructurar los contenidos del proyecto.

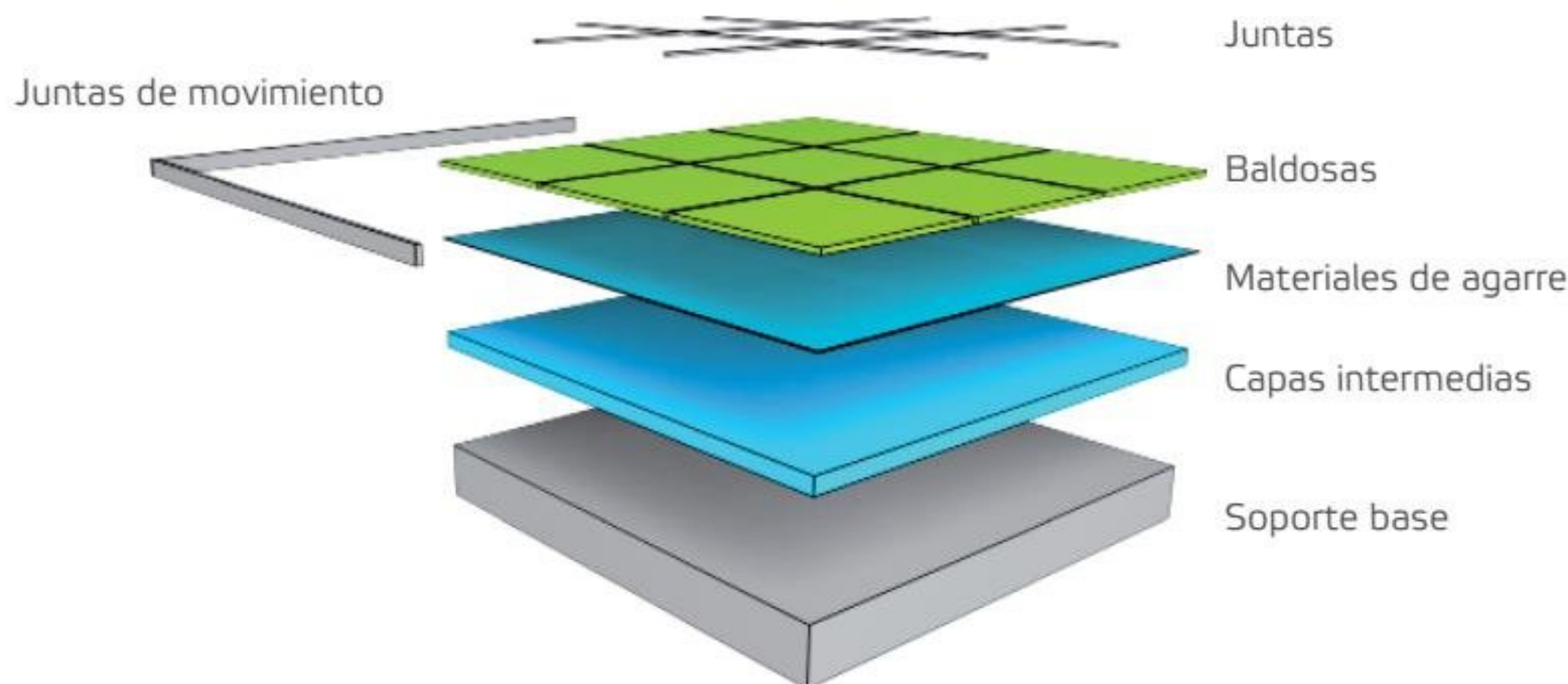
El Proyectista exigente debiera consultar documentos más completos y detallados como los recogidos en la bibliografía.

Sí que será necesario, en la mayoría de los recubrimientos cerámicos, reseñar las exigencias funcionales de la solución constructiva, según los Documentos Básicos del CTE que correspondan en cada caso (TABLA 3.1).

exigencias funcionales respecto al Código Técnico de la Edificación (CTE)	
DB HE [Ahorro de energía]	
HE 1 - Limitación de la demanda energética/bienestar térmico [partes 1-20]	
- Demanda energética: Transparencia térmica de cerramientos y particiones	
- Condensaciones superficiales en cerramientos y particiones	
- Definición de la envolvente térmica del edificio	
HE 4 - Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	
- Contribución de la epidermis cerámica a la captación	
HE 5 - Contribución fotovoltaica mínima de energía solar	
- Contribución de la epidermis cerámica a la captación	
DB HR [Protección frente al ruido]	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	
Aislamiento acústico a ruido de impactos	
Valores límite de tiempo de reverberación	
Ruido y vibraciones de las instalaciones	
DB HS [Salubridad]	
HS 1 - Protección frente a la humedad	
HS 3 - Calidad del aire interior	
DB SI [Seguridad en caso de incendio]	
SI 1 - Propagación interior	
- Reacción al fuego de los elementos constructivos	
SI 2 - Propagación exterior	
- SI 2.1 Medianerías y fachadas	
- SI 2.2 Cubiertas	
DB SU [Seguridad de utilización]	
SU 1 - Seguridad frente al riesgo de caídas	
- Resbaladicidad de los suelos	
- Discontinuidades en el pavimento	
- Escaleras y rampas	
SU 6 - Seguridad frente al riesgo de ahogamiento [piscinas]	

TABLA 3.1. Exigencias funcionales de la solución constructiva, según los documentos básicos del CTE

Elementos del sistema de recubrimiento



ESQUEMA 3.2. Esquema elementos del sistema de recubrimiento.

Soportes base

Constituyen el elemento portante del sistema de recubrimiento, con la resistencia mecánica suficiente para soportar únicamente su peso en un recubrimiento interior, pero también las cargas dinámicas y estáticas a las que se verá sometido en un pavimento (también en el caso de un recubrimiento exterior con la presión del viento).

Este elemento estructural puede ser tan complejo como un forjado reticular o tan sencillo como una partición seca de cartón-yeso, tan pesado como una losa armada de hormigón o tan liviano como un panel de poliestireno extrudido preparado para la colocación de baldosas.

Puede estar aparentemente desvinculado del recubrimiento rígido modular, por interponerse diferentes capas funcionales o constituirse en superficie de colocación por adherencia cuando los materiales y la técnica son compatibles con el comportamiento del soporte.

Asegurada la resistencia mecánica del elemento soporte, se debe considerar su comportamiento en el tiempo (o estabilidad) para lo que será necesario asegurar un funcionamiento óptimo del sistema.

Son especialmente relevantes en obra nueva:

- > La **retracción** de los conglomerados de cemento, especialmente en su primera fase de endurecimiento en unas condiciones climáticas determinadas.
- > La **deformación bajo carga**, evaluada como **flecha activa** (relativa en el CTE) en todo tipo de forjados y que determina, junto a las cargas de uso previstas, la modalidad de colocación.
- Estabilidad compatible con una **adherencia rígida**, con flechas activas iguales o inferiores a **5mm** y cargas de uso máximas propias de la

- edificación residencial [2kN/m² para la carga uniforme y 2KN para la carga máxima concentrada]

- Estabilidad compatible con una **adherencia deformable**, con flechas activas entre **5** y **10mm**, o cargas estáticas

o dinámicas superiores a las reseñadas en el punto anterior.

- Inestabilidad sólo compatible con una solución constructiva **no monolítica**, con flechas activas superiores a 10mm.

> Las **deformaciones sin carga** de algunos tipos de soporte, fundamentalmente por las características intrínsecas de los materiales [coeficientes de dilatación térmica lineal, de expansión higroscópica, sensibilidad al agua, etc.]
- La TABLA 3.2 relaciona los parámetros con los soportes base afectados.

parámetros que condicionan la Estabilidad del Soporte Base			
parámetro	deformación ^[1]	evaluable	Soportes base afectados
Retracción de los conglomerados de cemento	0,25 - 1,2 mm/m ^[2] Periodos muy amplios en elementos estructurales 6 - 36 meses	Mediante cálculo Extrapolada de la edad del elemento constructivo ^[3] Deducida de la humedad superficial (soleras y capas de compresión de forjados) ^[3]	Soleras de hormigón Forjados de hormigón Cerramientos y muros de hormigón
Deformación bajo carga	Muy variable en función de múltiples factores: desde unos milímetros hasta unos pocos centímetros. Se mide la flecha activa ^[4]	Mediante el cálculo de las flechas A través de la medición in situ (flecha activa) Deducida de los datos del proyecto o de las tablas	Forjados de hormigón Cerramientos y muros de hormigón Cerramientos y particiones de fábrica de ladrillo Particiones secas
Deformación sin carga	Dilatación térmica lineal en función del coeficiente del material	Mediante cálculo en función del coeficiente del material, la longitud implicada y la oscilación de la temperatura	
	Expansión por humedad en función del coeficiente del material 0,1 - 0,8 mm/m	Mediante cálculo en función del coeficiente del material y la longitud	Cerramientos y particiones de fábrica de ladrillo
	Aumentos de volumen localizados Fisuración y escamaduras Degradación general	Prevención de los fenómenos de corrosión, carbonatación, ataque químico y acción del agua	Forjados de hormigón Particiones secas

[1] Estimación, en algunos casos con aportación de un intervalo de magnitudes, del rango de la deformación

[2] Valores tipo para un forjado de hormigón armado [0,25mm/m] y para una solera flotante de mortero del cemento con altas relaciones cemento/árido y/o agua/cemento

[3] Como estimación del avance del proceso de retracción en función de la edad en unas condiciones ambientales

[4] Aplicable a todo tipo de forjados. También referenciada en normas

TABLA 3.2. Parámetros que condicionan la estabilidad del soporte base.

Capas intermedias

En un recubrimiento rígido modular se entiende por **capas intermedias** los estratos comprendidos entre el soporte base o elemento estructural y proporcionalmente formado por el material de agarre y la baldosa.

De no existir esas capas intermedias, la superficie vista del soporte base es la superficie de colocación de las baldosas (por ejemplo, un recubrimiento cerámico colocado con mortero de cemento y cal sobre un tabique de fábrica de ladrillo).

En el caso de que existan esas capas se habla de funcionalidad y características de cada una de ellas, orden de disposición y condiciones de entrega a la siguiente fase de ejecución del recubrimiento, que será la colocación de las baldosas.

Hasta hace un par de décadas los recubrimientos rígidos modulares sólo contemplaban la impermeabilización como capa intermedia especializada. Las demás actuaciones sobre el soporte base estaban destinadas a conferir o asegurar estabilidad al recubrimiento rígido modular o entregar una superficie suficientemente plana, nivelada o aplomada, para definir el plano de colocación de las baldosas.

En la actualidad, el contexto de la edificación ha cambiado radicalmente en cuanto a:

- > Exigencia de **calidad de acabados** compatible con elementos constructivos deficientemente entregados a esa fase.
- > Entrega de **elementos constructivos inestables** por inmaduros.
- > Introducción de **nuevos materiales** y procesos constructivos.
- > Asignación de una o **varias funciones específicas** a soleras, cerramientos y particiones, para alcanzar requerimientos relacionados con la gestión energética y el confort del hábitat.

La simultánea consideración de algunos puntos anteriores obliga a la proyección de sistemas de recubrimiento complejos que escapen al concepto tradicional de capas intermedias. En propiedad, se habla de capas intermedias:

- > Con funciones **dentro** del sistema de recubrimiento, en su acepción tradicional, con los objetivos de asegurar su estabilidad respecto al soporte base y otorgar el plano definitivo del embaldosado.
- > Con funciones **complementarias** al sistema de recubrimiento, se entiende por tales las que no le son propias según el concepto tradicional.

La TABLA 3.3 ofrece una visión de conjunto de las capas intermedias.

Capas intermedias			
	Objetivos	denominación	funciones
Intrínsecas al recubrimiento	Otorgar el plano del recubrimiento	De regularización	1 - Alcanzar planitud hasta las tolerancias máximas previstas
			2 - Conseguir aplomado sobre soportes verticales
		De nivelación	3 - Alcanzar la cota de entrega a estratos superiores
			4 - Obtención de pendiente
	Desvincularlo del soporte base	De desolarización	5 - Con el fin de que los estratos superiores o el embaldosado no se vean afectados por los movimientos del soporte base
		De separación	6 - Para evitar el contacto físico entre materiales incompatibles químicamente
Complementarias al recubrimiento	Con funciones específicas	De impermeabilización	7 - Frente al agua en estado líquido y, en su caso, frente al vapor
		De drenaje	8 - Escorrentía en su seno por mediación de una pendiente
		De aislamiento acústico	9 - Al ruido aéreo y de impacto con o sin capacidad de difusión del vapor de agua
		De aislamiento térmico	10 - Otorgando al elemento constructivo una mayor resistividad térmica, con o sin capacidad de difusión del vapor de agua
		De reparto de cargas	11 - Como elemento constructivo capaz de soportar sin fisuración las cargas dinámicas y estáticas previstas
		De protección	12 - En su mayoría como impermeabilizaciones resistentes a productos químicos específicos
		De apantallamiento	13 - De apantallamiento térmico u otro tipo de energía
		Sistemas de calefacción radiante	14 - Calefacción por agua caliente o eléctrica mediante serpentines y resistencias en el suelo
		Preinstalaciones	15 - Para albergar diferentes tipos de instalaciones y conducciones

TABLA 3.3. Visión de conjunto de las capas intermedias.

Al igual que para el soporte base, se precisa considerar el parámetro **estabilidad** ante la recepción de un recubrimiento **rígido modular**, en cuanto que variaciones dimensionales de una o varias de sus capas pueden afectar a la durabilidad y deteriorar la capacidad adherente del material de agarre. En este sentido, cabe considerarse:

- > La madurez de los **conglomerados de cemento** (habitualmente morteros) que se utilizan en la ejecución de las **capas de regularización, nivelación y reparto de cargas**, predicha a través de su edad y de la humedad superficial, tras un endurecimiento en condiciones normales de humedad y temperatura.
- > La **compresibilidad** de los materiales naturales y sintéticos que intervienen en capas de impermeabilización y drenaje, aislamientos, capas de protección y sistemas de calefacción radiante desde el suelo. Esta segunda característica está exclusivamente vinculada a las capas intermedias.

La TABLA 3.4 muestra una clasificación de la estabilidad de las capas intermedias:

La estabilidad de las capas intermedias	
ESTABLES CLASE 1	1 - Conglomerados de cemento/cal de más de 28 DÍAS de edad, con grosores inferiores a 80mm, madurados en condiciones normales de temperatura y humedad relativa [23-25°C, 65-70% HR], con humedad superficial inferior al 1% medida con higrómetro de carburo 2 - Materiales naturales o sintéticos que forman parte de capas aislantes, de impermeabilización y protección, con compresibilidad menor o igual a 0,5mm, medida según NF P75-301 ^[1] o EN 12430
MEDIA ESTABILIDAD CLASE 2	3 - Conglomerados de cemento/cal para capas de regularización o nivelación con edad INFERIOR A 28 DÍAS y humedad superficial inferior al 1% 4 - Conglomerados endurecidos en condiciones de alta temperatura o sequedad ambiental [T>25°C, HR<65%] 5 - Conglomerados con edad superior a 28 días y humedad superficial SUPERIOR AL 1% ^[2] 6 - Materiales naturales o sintéticos que forman parte de capas aislantes de USO EN REVESTIMIENTOS, de compresibilidad media mayor a 0,5mm y menor o igual a 3mm, medida según NF P75-301 o EN 12430
INESTABLES CLASE 3	7 - Conglomerados de cemento que, por su inmadurez [edad y humedad superficial], no pueden catalogarse como <u>media estabilidad</u> ^[3] 8 - Materiales de compresibilidad media usados como aislantes en suelos pisables o de alta compresibilidad [disminución de espesor mayor que 3mm] en cualquier aplicación, como capas de aislamiento ^[4]

[1] NF P75-301: Norma francesa sobre "Aislantes térmicos fabricados para la construcción. Placas y paneles. Medida de la compresibilidad a temperatura ambiente bajo carga constante"

EN 12430: Norma europea dedicada a "Productos aislantes térmicos destinados a las aplicaciones de la construcción. Determinación del comportamiento bajo carga puntual"

[2] Se recomienda evacuar consulta al fabricante o proveedor del adhesivo para confirmar la compatibilidad con una humedad superficial dada

[3] Recomendable capa de desolidarización y colocación sobre la solera flotante

[4] Colocación sobre solera flotante con función de capa de compresión o reparto de cargas en solados

TABLA 3.4. Clasificación de la estabilidad de las capas intermedias.

En la actualidad, los proyectos de recubrimientos rígidos modulares incorporan especificaciones precisas sobre la **compresibilidad** de los materiales aislantes y sobre las características de las **impermeabilizaciones** líquidas.

Las TABLAS 3.5 y 3.6 resumen los criterios de consideración de la compresibilidad respecto a la ejecución de recrecidos como base del recubrimiento cerámico.

la compresibilidad de las capas intermedias y la colocación de los materiales modulares		
tipo de material	clase ^[1]	actuaciones para la colocación
aislamiento térmico en pavimentos	media / alta	Ejecución siempre de una capa de compresión o reparto de cargas, dependiendo su espesor del grosor del aislamiento y del esfuerzo mecánico al que se someterá el pavimento (véase cuadro adjunto)
aislamiento acústico en pavimentos	baja	Garantía de compatibilidad entre materiales para la colocación directa de las baldosas sobre el aislamiento
aislamiento acústico en pavimentos	media / alta	Ejecución siempre de una capa de compresión o reparto de cargas
aislamiento térmico en recubrimientos	baja / media	Colocación directa de las baldosas sobre la superficie del aislamiento si existen garantías de compatibilidad entre materiales. En su caso, ejecución de una capa de contacto con mallazo de refuerzo
aislamiento acústico-térmico en pavimentos	media / alta	Ejecución siempre de una capa de compresión o reparto de cargas, dependiendo su espesor del grosor del aislamiento y del esfuerzo mecánico al que se someterá el pavimento (véase cuadro adjunto)
impermeabilización con drenaje en pavimentos	media / alta	Ejecución siempre de una capa de compresión o reparto de cargas, dependiendo su espesor del grosor del aislamiento y del esfuerzo mecánico al que se someterá el pavimento (véase cuadro adjunto)

^[1] Según NF P75-301: Norma francesa sobre "Aislantes térmicos fabricados para la construcción. Placas y paneles. Medida de la compresibilidad a temperatura ambiente bajo carga constante"

Baja compresibilidad: 0,5 mm

Media compresibilidad: 0,5 a 3,0 mm

Alta compresibilidad: más de 3,0 mm

TABLA 3.5. Compresibilidad de las capas intermedias y la colocación de los materiales modulares.

espesor orientativo de las capas de hormigón de reparto de cargas (en mm)			
	Suelos de viviendas	Suelos de zonas con tráfico moderado	Suelos de zonas con tráfico intenso
capas comprensibles inferiores a 40 mm	45	50	60
capas comprensibles superiores a 40 mm	50	60	70

TABLA 3.6. Espesor orientativo de las capas de reparto de cargas de hormigón.

Superficies de colocación

Constituye el otro adherendo, junto a la baldosa cerámica, que debe ser caracterizado respecto a su compatibilidad con el material de agarre.

La TABLA 3.7 adjunta, resume las diferentes características y las actuaciones sobre las superficies y la modalidad de colocación.

parámetros a controlar sobre la superficie de colocación			
parámetro	medida	clase	actuaciones y colocación
planitud	desviaciones en 2 m	I: $D \leq 3$ mm II: $3 < D \leq 8$ mm III: $D > 8$ mm	SD SM SG
cohesión	consistencia y unión superficial	alta: sin reparaciones media: reparaciones parciales o consolidación superficial baja: reparación total + capa de regularización	SD / SG SD SD / SG
absorción / succión	tiempo de desaparición del brillo	muy alta: < 10 s alta: 10-20s media: 20-60s baja: > 60 s nula: sin succión	I1 + SD humedecer + SG Reducir sup. + SD SG / SD I3 + SD (C0) SD (C1, C2, ...) I3 + SD (C1) SD (C2, ...)
textura	grado de rugosidad superficial	muy rugosa rugosa lisa	SG capa de regularización + SD SG SD I3 + SD (C0, C1, ...) SD (C2, ...)
acción del agua / humedad	evaluación del grado de sensibilidad al agua/humedad y previsión de su exposición	Sensibilidad: A: Muy sensibles B: Media C: Insensibles Exposición: Sa: Baja Sb: Media Sc: Alta	Sa [A,B,C]: SG / SD Sb [B,C]: SG / SD Sb [A]: Imperm. + SG / SD Sc [A,B]: Imperm. + SG / SD Sc [C]: SG / SD
compatibilidad química	- Entre materiales de la misma naturaleza - En los demás casos, hay que consultar a los proveedores de materiales de agarre e incluso a los proveedores de los soportes de colocación (en prefabricados)		
humedad	humedad superficial (higrómetro de contacto) Observación Edad de los conglomerados de cemento	Saturación HR $> 3\%$ HR $\leq 3\%$	Secado previo Adhesivos compatibles SG / SD
estado superficial	- Eliminación de materiales interpuestos o extraños - Limpieza de materiales disgregados o pulverulentos		

SD: Colocación en capa delgada o fina con adhesivo
SM: Colocación en capa media (hasta 15mm de grosor) con adhesivo
SG: Colocación en capa gruesa con mortero (hasta 20-25mm de grosor en revestimientos)

I1: Imprimación tapaporos
I2: Imprimación consolidante superficial
I3: Imprimación puente de unión o de adherencia
HR: Humedad relativa
C0: Adhesivo cementoso sólo apto para interiores según la definición de la norma europea EN 12004

TABLA 3.7. Parámetros a controlar sobre la superficie de colocación.

Materiales de agarre

Adherencia y deformabilidad

En general, el fenómeno de la adherencia tiene lugar cuando se considera a un sistema formado por uno o dos materiales que se pretende unir y que se denominan **adherentes o adherendos** y un segundo o tercer material que establece la unión y que es la **junta o unión adhesiva**. La adherencia se puede definir como la capacidad de transferir una fuerza procedente del adherente a través de la unión adhesiva. De hecho, la adherencia será tanto mayor cuanto mayor sea la energía mecánica que puede absorber la unión adhesiva.

En consecuencia, se cuantifica la adherencia por la fuerza que se puede aplicar a la unión adhesiva hasta el instante en que se manifiesta la disminución de esa adherencia. Para medir la adherencia se somete a esfuerzo mecánico la unión adhesiva, disponiendo de dos métodos normalizados:

- > De cizallamiento o cizalladura, cuando se aplica una fuerza paralela al plano de la unión adhesiva.

- > De tracción, cuando la fuerza aplicada es perpendicular al plano de la unión adhesiva.

Como en la práctica se está aplicando esa fuerza en una unidad de superficie de la unión adhesiva, se miden unidades de presión, siendo habitual la expresión en megapascuales (MPa), Kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (Kp/cm²) o Newtons por milímetro cuadrado (N/mm²).

La adherencia química en los adhesivos se produce por la formación de compuestos e interacción química entre moléculas, así como fuerzas electrostáticas de atracción a escala atómica o molecular. Estas uniones químicas o electrostáticas son las que producen la adherencia sobre superficies lisas y/o inabsorbentes. En el seno del material, predominan las fuerzas de cohesión, bien interatómicas o intermoleculares, a muy corta distancia.

tipo de adhesión	Mecánica: propia de los morteros sin aditivar Mecánica y química: propia de los morteros aditivados con resinas y de los adhesivos cementosos Química: propia de los adhesivos de resinas en dispersión y de resinas de reacción
tipo de endurecimiento	Por hidratación del conglomerante Por evaporación del agua y/o disolvente Por reacción química de componentes separados

TABLA 3.8. Tipos de adhesión y endurecimiento de los materiales de agarre.

En los **morteros**, la adherencia está considerada como requisito esencial; sin embargo, la norma **UNE 83-800-94** no contempla ningún método de ensayo para su evaluación, dejando al fabricante libertad para informar.

En los **adhesivos**, la adherencia se evalúa a través de la medida de la **resistencia a la tracción** antes de la rotura de la unión adhesiva [ensayo según UNE-EN 1348] para los adhesivos cementosos, y el ensayo de **resistencia a la cizalladura** para los adhesivos de resinas en dispersión [Norma UNE-EN 1324] y para los adhesivos de resinas de reacción [Norma UNE-EN 12003].

En los recubrimientos rígidos modulares los esfuerzos a flexión y a cizalladura han progresado en relación directa a la inestabilidad de los elementos constructivos sobre los que se asientan. La cohesión del sistema adhesivo/adherente está comprometida no sólo por esfuerzos permanentes sino también por otros reversibles y periódicos, consecuencia de las características de los materiales adherentes, principalmente la dilatación térmica lineal y la expansión por humedad.

Se habla de **deformabilidad** de un adhesivo cuando el sistema adhesivo/adherente mantiene su cohesión ante esfuerzos mecánicos de flexión y cizalladura principalmente, sean éstos permanentes o variables en el tiempo (ESQUEMA 3.3).

En un recubrimiento rígido modular, los esfuerzos de cizalladura pueden llegar a ser importantes en función de las características de los adherentes, que provocan variaciones dimensionales diferenciales.



ESQUEMA 3.3. Deformabilidad de un adhesivo.

Como características fundamentales de los adherentes que generan tensiones de cizalladura se tiene:

- > El coeficiente de dilatación térmica lineal.
- > El coeficiente de expansión por humedad.
- > La contracción en el proceso de hidratación de los materiales que emplean cemento como aglomerante.

El adhesivo deberá mantener su cohesión interna, así como en la interfaz adherente/adhesivo, ante cambios dimensionales de los adherentes. A esa capacidad de adaptación sin producción de microfisuras antes de la rotura le llamamos deformabilidad.

Aunque puede evaluarse la deformabilidad por la medida del desplazamiento antes de la rotura, en el ensayo de resistencia a la cizalladura (según el método de ensayo contemplado en la norma alemana DIN 53265), se ha convenido en vincular

esta característica con la deformación por flexión para los adhesivos y materiales de rejuntado cementosos, bajo la denominación de deformación transversal según el método de ensayo desarrollado en la norma europea UNE-EN 12002.

Sin embargo, la deformabilidad de la unión adhesiva entre el recubrimiento rígido modular y la superficie de colocación debe contemplarse también en función de la estabilidad de los soportes estructurales sobre las que se asienta el sistema de recubrimiento.

Normas de referencia: UNE-EN 998-2 y UNE-EN 12004

En la colocación en capa gruesa se pueden seleccionar morteros industriales u optar por una preparación *in situ* a partir de componentes concretos. Los primeros son los llamados **morteros de albañilería** que están referenciados en la norma UNE-EN 998-2 (Febrero 2004), en correspondencia con la misma norma europea de Abril de 2003 y dedicada a las especificaciones. En su Capítulo 5 se describen las propiedades de los morteros frescos y endurecidos:

- > Tiempo de utilización, contenido en iones cloruro, contenido en aire y proporción de los componentes para los morteros frescos
- > Resistencia a la compresión, resistencia de unión (adhesión), absorción de agua, permeabilidad al vapor de agua, densidad, conductividad térmica y durabilidad para los morteros endurecidos.

Esta norma también establece los requisitos adicionales para los morteros destinados a juntas y capas finas.

La colocación de recubrimientos rígidos modulares en capa gruesa con morteros de cemento de procedencia industrial se rige por esta norma, seleccionándose aquellos de menor resistencia a la compresión (por ejemplo, el mortero M 2,5 que se corresponde con una resistencia a la compresión de 2,5 N/mm²).

El anexo informativo ZA recoge las características y especificaciones que deben formar parte del marcado CE y, entre ellas, la proporción de componentes (en volumen). En base a esas características se seleccionará la composición más idónea para la colocación de los recubrimientos rígidos modulares.

Los morteros de preparación *in situ* no están contemplados en ninguna norma y obedecen a formulaciones de ámbito local fruto de la experiencia de albañiles y alicatadores/soldadores. Un proyecto de recubrimiento cerámico que prevea la colocación en capa gruesa con mortero preparado *in situ* debe incorporar todas las variables que aseguren la adherencia y, en algunos casos, una mínima deformabilidad:

- > El tipo de cemento a utilizar.
- > La relación cemento/árido en volumen.
- > El tipo o tipos de arenas de provisión local o no, en su caso, la proporción de mezcla, así como la distribución granulométrica y el rango de tamaños. También la humedad máxima de provisión.
- > El tipo de cal y la dosificación al mortero.
- > En su caso, el tipo y dosificación de aditivos.
- > La relación agua/cemento para un árido determinado servido y almacenado seco.

Los adhesivos, como materiales de agarre de aplicación en capa delgada uniforme [3-6mm] o capa media [aprox. 8-15mm] están bien referenciados en la norma **UNE-EN 12004**, cuya última versión de 2007 incorpora también la característica especial de la deformabilidad. Los productos industriales sujetos a esta norma representan una garantía para la calidad y durabilidad de los recubrimientos cerámicos por cuanto:

- > Se informa sobre la adherencia.
- > Se garantiza un mínimo tiempo de aplicación dentro del cual no se perjudica la adherencia.
- > Se contemplan la deformabilidad y el comportamiento tixotrópico en fresco en algunos productos. De la primera característica ya se ha hablado, de la segunda, sus consecuencias más inmediatas son:
 - Bajo descuelgue en recubrimiento.
 - Aseguramiento de la estabilidad tras la colocación de las baldosas en pavimentos.
 - Comodidad en la colocación y mayor humectación del reverso de la baldosa con el mínimo esfuerzo.

Adhesivos: tipos, características, codificación y marcado €

La norma establece tres tipos de adhesivos, como se observa en la TABLA 3.9, con una definición muy general para cada uno de ellos:

- > **Adhesivo cementoso**, como mezcla de conglomerantes hidráulicos, cargas minerales y aditivos orgánicos, que se mezclan con agua o adición líquida en su preparación. Se les identifica con la letra **C**.
- > **Adhesivos en dispersión**, como mezcla de conglomerante(s) orgánico(s) en forma de polímero en dispersión acuosa, aditivos orgánicos y cargas minerales, que se presenta lista para su uso. Se les identifica con la letra **D**.
- > **Adhesivos de resinas reactivas**, como mezcla de resinas sintéticas, aditivos orgánicos y cargas minerales cuyo endurecimiento resulta de una reacción química, y que se comercializan en forma de uno o más componentes. Se les reconoce con la letra **R**.

Asimismo, establece unas clases que cubren los adhesivos cementosos de fraguado rápido (**F**), los adhesivos en general que cumplen las características fundamentales en cuanto a adherencia (clase **1**) y los que alcanzan las características adicionales para la adherencia (clase **2**). El **tiempo abierto**, como intervalo de tiempo máximo transcurrido entre la aplicación y peinado del adhesivo y su cubrición con la baldosa, cumpliendo

con las especificaciones de adherencia (característica fundamental) para cada tipo de adhesivo. La norma UNE-EN 12004 establece un tiempo abierto mínimo de **10 minutos** para los adhesivos cementosos de fraguado rápido (**F**) y un tiempo abierto mínimo de **20 minutos** para todos los restantes, siempre como característica fundamental. Para los adhesivos cementosos de clase 2 y adhesivos en dispersión también de

clase 2 se contempla una característica adicional de **tiempo abierto ampliado** de 30 minutos mínimo, asignándoles la letra **E**.

Como característica especial se considera el deslizamiento en los tres tipos de adhesivos. Cuando ese deslizamiento o descuelgue sobre superficies verticales es menor o igual a 0,5 mm se le asigna la letra **T** (deslizamiento reducido).

Códigos de adhesivos		
tipo	Código	Características
cementosos	no consta	uso exclusivo en interiores (pavimentos y revestimientos)
	C1	fraguado normal
	C1 F	fraguado rápido
	C1 S1	deformable
	C1 S2	muy deformable
	C1 E	con tiempo abierto ampliado
	C2	mejorado con características adicionales
	C2 F	mejorado con características adicionales de fraguado rápido
	C2 S1	mejorado deformable
	C2 S2	mejorado muy deformable
	C2 E	mejorado con tiempo abierto ampliado
en dispersión	D1	normal
	D2	con características mejoradas
de resinas reactivas	R1	normal
	R2	mejorado con características adicionales

TABLA 3.9. Diferentes tipos de adhesivos.

Para otras características definidas en la norma y que merecen la consideración de especiales, no se establecen niveles mínimos ni obligatoriedad de suministrar información por parte del fabricante. Éste es el caso de la **capacidad humectante** para los tres tipos de adhesivos, la **resistencia química** para los adhesivos R, y la **deformación transversal** para los adhesivos C. Para esta última característica, la versión actual de la norma **UNE-EN 12004**

(2007) establece las clases **S1** y **S2** según la deformación transversal sea igual o superior a 2,5mm e inferior a 5mm, o igual o superior a 5mm respectivamente, medida según el ensayo de UNE-EN 12002.

En la 3.9 se resume los diferentes tipos de adhesivos. En la norma UNE-EN 12004 pueden encontrarse datos más precisos tales como resistencia a la tracción, a la cizalladura o tiempo abierto.

El anexo ZA de la norma UNE-EN 12004 especifica los requisitos de marcado CE de los adhesivos, obligatorio desde el 1/4/2004, atendiendo el Mandato M/127 de la Unión Europea, en el ámbito de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE). A continuación se aporta un ejemplo de marcado. El campo de información sobre requisitos puede incorporarse en los embalajes, en otros documentos comerciales o formar parte de una dirección electrónica dedicada al producto. El ESQUEMA 3.4 muestra un ejemplo de etiquetado **CE** para un adhesivo de tipo cementoso sin código.

Criterios de selección



La **capacidad de absorción de agua** y el **formato** de la baldosa cerámica son los parámetros fundamentales que condicionan la selección del material de agarre y la consecuente técnica de colocación.

ESQUEMA 3.4. Requisitos de marcado **CE** de los adhesivos.

El primero determina la posibilidad o no de adherencia del cemento hidratado y prevé, en baldosas no esmaltadas, el comportamiento en presencia de agua o humedad ante los fenómenos de eflorescencias y manchas. También compromete la adherencia en adhesivos sólo aptos para interiores con baldosas muy porosas [A III, B III], para las que no se garantiza la capacidad de retención de agua (TABLA 3.10).

grupos de producto en baldosas cerámicas según UNE-EN 14411		Selección del adhesivo
AI _a , AI _b , BI _a , BI _b E≤3%	Adherencia mecánica comprometida por dificultad de anclaje de los hidratos del cemento	Tipos C, D y R Según UNE-EN 12004
		Sin limitaciones en la selección
AIII, BIII E>10%	Adherencia mecánica comprometida por hidratación incompleta en adhesivos cementosos de uso exclusivo en interiores	Tipos C, D y R Según UNE-EN 12004
	Casuística de manchas y eflorescencias en baldosas muy porosas (AIII UGL en baldosas cerámicas, piedra natural y aglomerados de cemento)	Clase C 2F Tipos D y R Según UNE-EN 12004

TABLA 3.10. Posibilidad o no de adherencia de cemento hidratado.

El segundo condiciona los esfuerzos de cizalladura que se producen en la interfaz baldosa cerámica/material de agarre en función de las oscilaciones térmicas y, para algunos tipos de baldosas, las oscilaciones de humedad [baldosas con coeficientes de expansión por humedad altos (>0,4mm/m)] (TABLA 3.11).

S≤900cm²		Colocación en capa gruesa o capa delgada Sin limitaciones en la selección
S≥900cm² S≤1600cm²	dificultad de endurecimiento por evaporación del agua y/o disolvente, especialmente con baldosas de E≤3%	Colocación en capa delgada Tipos C o R
S>1600cm²	tensiones de cizalladura en la interfaz baldosa/adhesivo y/o adhesivo/superficie de colocación, acumulada en los bordes	Colocación en capa delgada Clase C1 S1, C1 S2, C2 S1, C2 S2 Tipos R ^[1]

[1] Consideración de la capacidad deformable del adhesivo de resinas reactivas

TABLA 3.11. Esfuerzos de cizalladura que se producen en la interfaz baldosa cerámica/material

- A los condicionantes anteriores se debe agregar:
- > La previsión de las condiciones climáticas que regirán durante la preparación, aplicación y endurecimiento del adhesivo. Es muy recomendable que estas condiciones figuren explícitamente en el proyecto de ejecución.
 - > Las condiciones ambientales que soportará el recubrimiento cerámico en su vida útil
 - > Las exigencias de uso del recubrimiento cerámico [tránsito y cargas en solados, ambientes húmedos, recubrimiento en inmersión, exigencias de resistencia química, etc.]
- La TABLA 3.12 nos aproxima a los criterios de selección del adhesivo:

Criterios para la selección del adhesivo en la colocación en capa delgada ^[1]		
tipo de adhesivo	Usos recomendados ^[2]	Observaciones
ADHESIVO CEMENTOSO DE USO EXCLUSIVO EN INTERIORES (pavimentos y recubrimientos) MARCADO CE anexo ZA de UNE-EN 12004	• Sobre soportes estables de CLASE 1 • Superficies de colocación rugosas o texturadas • Con baldosas de formatos que den $S \leq 900\text{cm}^2$ • Con baldosas cerámicas de capacidad de absorción de agua $3\% < E \leq 10\%$ [Grupos II_a y II_b según UNE-EN 14411] • En pavimentos de viviendas con tránsito peatonal moderado	• Con baldosas cerámicas del Grupo III y/o superficies de colocación de alta absorción/succión se recomienda conocer el tiempo abierto del adhesivo (≥ 20 min.) • Técnica del doble encolado con baldosas con relieve pronunciado en su reverso • Preparar y aplicar entre 5-30°C sin corrientes de aire ni insolación directa
ADHESIVO CEMENTOSO C1 UNE-EN 12004 • Adhesivo cementoso normal C1 • Adhesivo cementoso normal de fraguado rápido C1F • Adhesivo cementoso normal deformable C1 S1 • Adhesivo cementoso normal muy deformable C1 S2 • Adhesivo cementoso normal con tiempo abierto ampliado C1 E	• Sobre soportes estables de CLASE 1 • Con todo tipo de baldosas cerámicas en interiores, con formatos que den una superficie $S \leq 1600\text{cm}^2$ • Sobre todo tipo de superficies horizontales interiores • Sobre superficies verticales interiores texturadas y/o con absorción/succión media o alta • Sobre superficies horizontales exteriores texturadas y/o con absorción/succión media o alta • En pavimentos de tránsito exclusivamente peatonal	• Considerar la deformabilidad en soportes inestables de CLASE 2 y/o baldosas con $S > 1600\text{cm}^2$. Seleccionar adhesivos C1 S1 ó C1 S2 • Técnica del doble encolado con baldosas de $S > 900\text{cm}^2$ y/o relieves pronunciados en su reverso • Considerar el tiempo abierto ampliado (E) en condiciones climáticas adversas, y baldosas y superficies de colocación muy absorbentes • Considerar el fraguado rápido (F) ante manchas y eflorescencias desde el soporte
ADHESIVO CEMENTOSO MEJORADO C2 UNE-EN 12004 • Adhesivo cementoso mejorado de fraguado rápido C2F • Adhesivo cementoso mejorado deformable C2 S1 • Adhesivo cementoso mejorado muy deformable C2 S2 • Adhesivo cementoso mejorado con tiempo abierto ampliado C2 E	• Sobre soportes estables de CLASE 1 • Con todo tipo de baldosas cerámicas, con formatos que den $S \leq 1600\text{cm}^2$ • Sobre todo tipo de superficies de colocación • De uso universal en interiores y exteriores (incluso con climas fríos) • De uso universal en pavimentos y recubrimientos • Sobre soportes inestables de CLASE 2 en interiores, con baldosas de formato que de $S \leq 900\text{cm}^2$ • En pavimentos de tránsito peatonal elevado, en interiores y exteriores	• Considerar la deformabilidad en soportes inestables de CLASE 2 y baldosas con $S > 900\text{cm}^2$ • Considerar la deformabilidad con baldosas que den $S > 1600\text{cm}^2$. Seleccionar adhesivos C2 S1 ó C2 S2 • Considerar el tiempo abierto ampliado (E) en condiciones climáticas adversas y en recubrimientos exteriores • Considerar el fraguado rápido (F) ante manchas y eflorescencias desde el soporte • Técnica del doble encolado con baldosas que den $S > 900\text{cm}^2$ y/o relieves pronunciados en el reverso

Criterios para la selección del adhesivo en la colocación en capa delgada ^[1]
(CONT.)

tipo de adhesivo	Usos recomendados ^[2]	Observaciones
ADHESIVO EN DISPERSIÓN NORMAL D1 UNE-EN 12004	- Sólo aptos para recubrimientos interiores sobre cualquier tipo de superficie - Sobre soportes inestables de CLASE 2 y CLASE 3 - Con baldosas de cualquier tipo y formatos que den $S \leq 900 \text{cm}^2$ - En ambientes secos u ocasionalmente húmedos	- Sobre superficies inabsorbentes y baldosas del grupo I seleccionar formatos pequeños ($S \leq 400 \text{cm}^2$) y colocación a junta abierta (mín. 3mm) - No recomendable sobre metales
ADHESIVO EN DISPERSIÓN MEJORADO D2 UNE-EN 12004	- Idénticas recomendaciones de empleo que para los adhesivos D1 - Mejor comportamiento a alta temperatura (70°C) y en ambientes húmedos - Recubrimientos interiores ocasionalmente mojados y/o permanentemente húmedos (cabinas de ducha, saunas de uso privado, duchas colectivas, ...)	Idénticas observaciones que para los adhesivos D1
ADHESIVO DE RESINAS DE REACCIÓN NORMAL R1 UNE-EN 12004	- Sobre soportes estables de CLASE 1 - Sobre todo tipo de superficies de colocación, sin exclusión - Con todo tipo de baldosas cerámicas, con formatos que den $S \leq 900 \text{cm}^2$ - Todo tipo de aplicaciones (pavimentos, recubrimientos interiores y exteriores) - Pavimentos de tránsito no exclusivamente peatonal - Pavimentos y recubrimientos con exigencias de resistencia y estanqueidad químicas ^[4]	- Sobre soportes inestables de CLASE 2, sólo con baldosas que den $S \leq 900 \text{cm}^2$ - Sobre soportes inestables de CLASE 3 ó con baldosas de $S > 900 \text{cm}^2$ seleccionar adhesivos R DEFORMABLES ^[3] - Reducido rango de temperaturas de aplicación y manipulación
ADHESIVO DE RESINAS DE REACCIÓN MEJORADO R2 UNE-EN 12004	- Idénticas recomendaciones de empleo que para los adhesivos R1 - Mejor comportamiento frente al choque térmico - Pavimentos y recubrimientos en cámaras frigoríficas - Pavimentos y recubrimientos sometidos a procesos mecanizados de limpieza con agua caliente a presión	Idénticas observaciones que para los adhesivos R1

^[1] Previendo superficies de colocación limpias, cohesionadas y planas, con desviaciones de planitud, aplomado o nivel que no superen los 33mm en 2m

^[2] Recomendaciones basadas en el aseguramiento de la durabilidad del alicatado o solado a lo largo de su vida útil

^[3] La característica de deformabilidad no está contemplada en la norma UNE-EN 12004 para los adhesivos de resinas de reactivas. Son R Deformables los basados en el poliuretano

^[4] Consultar al proveedor la resistencia química a productos específicos

TABLA 3.12. Criterios de selección de un adhesivo.

Juntas de colocación

Funciones

Con frecuencia, proyectistas y prescriptores olvidan las funciones de la separación física entre baldosas cerámicas adyacentes, en un tipo de recubrimiento que tiene la consideración de rígido por la natura-

leza de sus módulos. Esa separación física, que se denominan **juntas de colocación**, asume las siguientes funciones:

- >

Absorber los esfuerzos a tracción, compresión y flexión a los que se somete el recubrimiento cerámico **por deformación y/o inestabilidad** de los adherendos, sin provocar pérdida de adherencia, fisuración o rotura del material de junta. Esa función, que se denomina **mecánica**, se comparte con las juntas de movimiento, pero éstas no la pueden asumir en exclusiva.
- >

Compensar y absorber las variaciones dimensionales de las baldosas, en la magnitud de las tolerancias permitidas según UNE-EN 14411.
- >

En el caso de recubrimientos exteriores, contribuir a la difusión del vapor de agua, cuando la presión interior es mayor que la exterior. La capacidad de difusión del vapor es función de la contribución de la superficie de la junta (respecto a la superficie total del recubrimiento) y la permeabilidad al vapor del material de rejuntado. Esa capacidad debe preverse en fase de proyecto en recubrimientos exteriores en lugares de clima frío, cuando se seleccionan baldosas vidriadas o de gres porcelánico.
- >

Subrayar la **modularidad del recubrimiento cerámico**, atributo consustancial a este tipo de acabado.

Los materiales de rejuntado según EN 13888 (2003)

características inherentes a las exigencias mecánicas de la junta de colocación	- Adherencia a los flancos de la baldosa - Resistencia a esfuerzos de tracción - Resistencia a esfuerzos de compresión - Resistencia a esfuerzos de flexión - Deformabilidad
características de comportamiento del material	- Absorción de agua - Contracción - Resistencia a la abrasión - Capacidad de difusión del vapor - Resistencia a ciclos de hielo/deshielo - Resistencia frente al fuego - Resistencia a los cambios bruscos de temperatura y a alta temperatura
características inherentes a la superficie	- Resistencia química - Resistencia a las manchas - Resistencia al crecimiento de moho (efecto fungicida) - Uniformidad de color y textura

TABLA 3.13.Características de los materiales de rejuntado, algunas se contemplan en la norma UNE-EN 13888 (2002).

En principio, los morteros para juntas debieran tener idénticas prestaciones al recubrimiento, aunque estén algo protegidos de las agresiones mecánicas por los bordes de las baldosas. Sin embargo, ya se ha comentado que la junta de colocación debe absorber tensiones de compresión y tracción generadas a nivel del recubrimiento y, en consecuencia, debe tener una buena respuesta a esas tensiones. Además, se debe asegurar la adherencia del material de rejuntado a los flancos de la baldosa, normalmente una superficie lisa pero con capacidad de absorción de agua muy diversa según el tipo de producto.

A partir de estas exigencias asociadas al funcionamiento de la junta de colocación, se debe pensar en otras características vinculadas a la superficie vista del material, afectada por las condiciones ambientales, las agresiones químicas y físicas, especialmente en pavimento. En este apartado se toman en consideración: la resistencia a la abrasión, la absorción de agua, la resistencia química y a las manchas y la resistencia al crecimiento de moho.

En la TABLA 3.13 se especifican las características de los materiales de rejuntado, algunos de las cuales se contemplan en la norma UNE-EN 13888 (2002) como características fundamentales. Por último, en la TABLA 3.14 se aportan los códigos de los diferentes materiales según esa norma.

En la próxima versión de esta norma se va a suprimir la característica especial de la deformabilidad y también la posibilidad de considerar de forma independiente las características adicionales [materiales de rejuntado cementosos normales con alta resistencia a la abrasión (**CG 1Ar**) y materiales con baja absorción de agua (**CG 1W**)]. En la nueva versión ya se incorporará el Anexo ZA para el marcado **CE**.

Códigos del material de rejuntado. UNE-EN 13888		
tipo	Código	Características
cementosos	CG 1	normal
	CG 2	mejorado (alta resistencia a la abrasión y reducida absorción de agua)
de resinas activas	RG	material de rejuntado de resinas reactivas
Características adicionales para CG1 y CG2		
W	absorción de agua reducida (sólo en CG1)	
Ar	alta resistencia a la abrasión (sólo en CG1)	
S1	deformable	
S2	alta deformabilidad	

TABLA 3.14. Códigos de los diferentes materiales según la norma UNE-EN 13888 (2002).

Al igual que en los materiales de agarre, los criterios de selección se basan en la consideración de la absorción de agua de las baldosas respecto a la capacidad adherente del material de rejuntado; la estabilidad del soporte y de la baldosa respecto a la capacidad deformable de los materiales de rejuntado en base cemento; los ciclos de hielo/deshielo

Criterios de selección

y la impermeabilidad en exteriores, asociada a la selección de materiales CG 2 o RG; y las exigencias de uso del recubrimiento, para las que entran en juego las características mecánicas, la impermeabilidad y la resistencia química según los casos. En la TABLA 3.15 se resumen los criterios de selección, en base a la versión de 2002 de la norma UNE-EN 13888.

MATERIAL DE REJUNTADO CEMENTOSO NORMAL CG 1 UNE-EN 13888	- Con baldosas de capacidad de absorción de agua E>3% - En recubrimientos sobre soportes estables de CLASE 1 - En recubrimientos de interior, pavimentos y revestimientos - Consideración de la deformabilidad en baldosas de formato S>1600cm² [CG 1 S1] - Consideración de la baja absorción de agua, asociada a la limpiabilidad en recubrimientos higiénicos (baños y cocinas) [CG 1W] - Consideración de la alta resistencia a la abrasión en pavimentos interiores de tránsito peatonal medio, con aportación de material abrasivo desde el exterior [CG 1Ar]
MATERIAL DE REJUNTADO CEMENTOSO MEJORADO, CON CARACTERÍSTICAS ADICIONALES CG 2 UNE-EN 13888	- Con baldosas de capacidad de absorción de agua E≤3% - En recubrimientos sobre soportes inestables de CLASE 2 - En recubrimientos exteriores, pavimentos y revestimientos - Consideración de la deformabilidad en función del tamaño de la baldosa CG 2 S1 para formatos con S>1600cm² - En recubrimientos que requieran impermeabilidad al agua y capacidad de difusión del vapor - En pavimentos de tránsito peatonal elevado - Aptos para recubrimientos en inmersión si así lo especifica el fabricante, aportando resistencia al crecimiento de moho
MATERIAL DE REJUNTADO DE RESINAS REACTIVAS RG UNE-EN 13888	- Con cualquier tipo de baldosas respecto a la capacidad de absorción de agua - Limitaciones en el formato, por la rigidez de la mayoría de estos materiales - En recubrimientos de altas exigencias mecánicas y/o resistencia química a productos específicos - En recubrimientos que requieran alta impermeabilidad al agua y al vapor - Consideración del reducido intervalo de temperaturas de manipulación y aplicación

TABLA 3.15. Criterios de selección en base a la versión de 2002 de la norma UNE-EN 13888.

Al igual que en los adhesivos cementosos la mayor o menor presencia de polímeros en la composición de los materiales de rejuntado cementosos marca la diferencia en algunas de sus prestaciones: adherencia a los flancos de baldosas cerámicas inabsorbentes [subgrupos AI_a y BI_a fundamentalmente], deformabilidad frente a la inestabilidad de los adherendos e impermeabilidad, indirectamente asociada también a la resistencia a ciclos de hielo/deshielo y mejor comportamiento frente a las manchas.

Bajo la actual versión de la norma UNE-EN 13888 (2002), los materiales CG 2 S1 y CG 2 S2 son la mejor opción para exteriores y, también para interiores con algún adherendo medianamente inestable o con baldosas cerámicas inabsorbentes y/o formatos grandes.

Juntas de movimiento

Tipos, características y materiales

Si las juntas de colocación entre baldosas son los elementos que permiten descargar las tensiones del recubrimiento rígido modular en su parte más externa, las **juntas de movimiento** constituyen la solución constructiva del sistema multiestrato del que forma parte el recubrimiento, para poder absorber los diferentes tipos de esfuerzos, consecuencia de la inestabilidad de los soportes y de los diferentes movimientos que se generan en el seno del sistema.

A tal fin, la junta de movimiento es una interrupción diseñada del sistema multiestrato de recubrimiento, que permite absorber esas tensiones mediante el empleo de materiales de alta deformabilidad reversible y permanente.

En algunos países, este tipo de juntas es objeto de especificación precisa en fase de proyecto y también de control en fase de ejecución, en base a una normativa que contempla el diseño y las características de los materiales. En otros países se contempla en las normas y manuales de colocación de recubrimientos rígidos modulares.

En España sólo se dispone de algunas referencias en las normas NTE RPA (1973) y NTE RSR (1984). Ahora también se tiene una referencia genérica sobre los tipos de juntas en

el documento informativo UNE-CEN/TC 13548 IN. Es responsabilidad del Proyectista, Prescriptor o la Dirección Facultativa su diseño, ubicación y condiciones de ejecución.

Ya se ha expresado que las juntas de movimiento son interrupciones del recubrimiento rígido modular que afectan, en algunos casos, a la entera sección del sistema pluriestrato y que están rellenas con un material deformable, con carácter permanente. Se les asigna la función genérica de absorber o atenuar las tensiones generadas sobre el recubrimiento, por causas internas o externas a él. Bajo esa función genérica, se abarca:

> **La prolongación en el recubrimiento rígido modular de las discontinuidades previstas o provocadas en los soportes, estructuras y cerramientos**, con la misma función de absorción o atenuación de tensiones, e independientemente de que exista capa de separación o desolidarización entre el elemento constructivo estructural y el recubrimiento. A las juntas de movimiento con esa función específica se les denomina juntas estructurales, en correspondencia con juntas de dilatación, de hormigonado, etc. de los elementos estructurales.

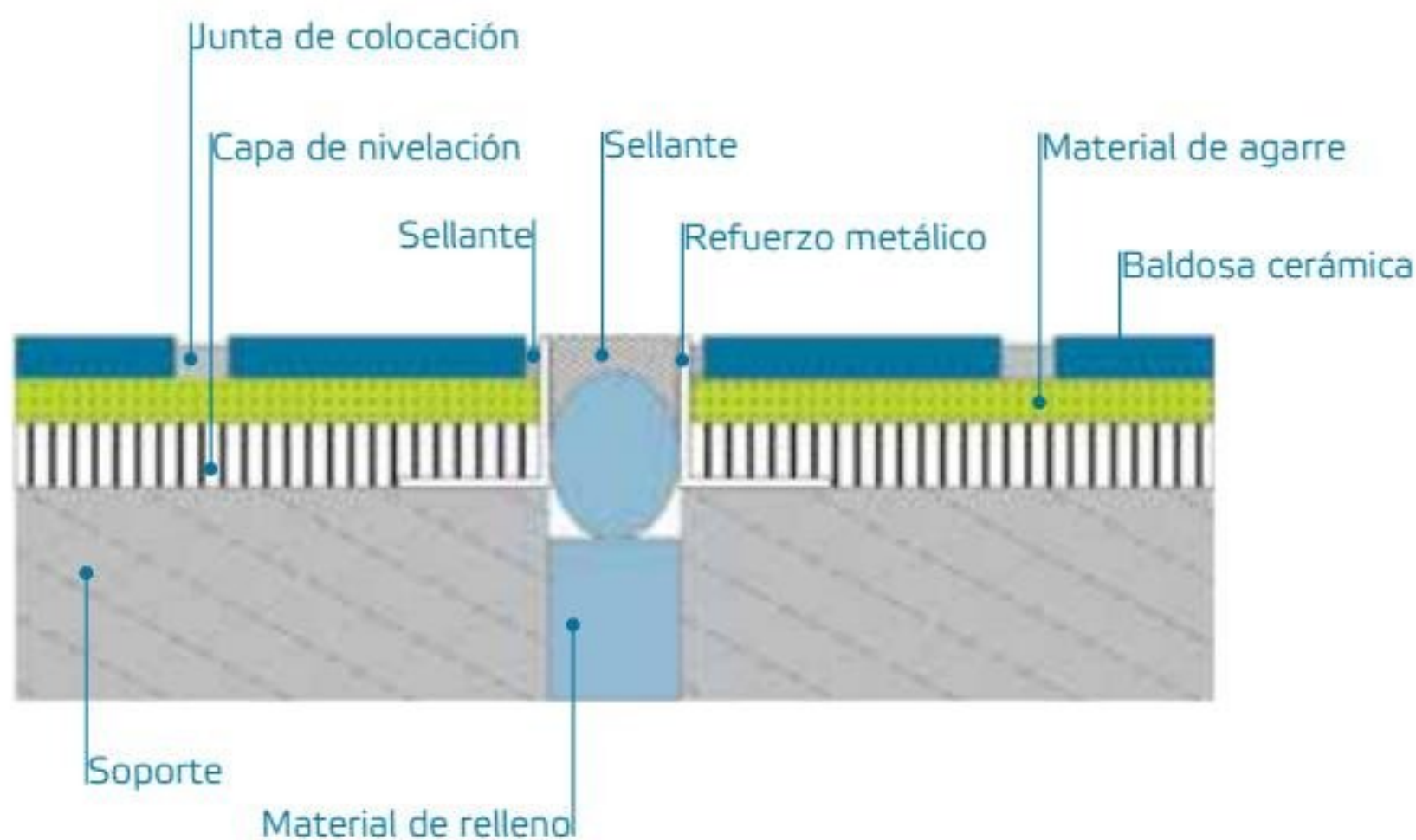
> **La separación del recubrimiento rígido modular de los elementos constructivos que se interpongan**, con la función específica de no ver comprometida la movilidad del recubrimiento o que sobre él no actúen los movimientos de esos elementos. A ese tipo de juntas se les denomina juntas perimetrales y deben ubicarse junto al elemento constructivo que ciñe el plano del recubrimiento (cerramientos, particiones, cambios de material, escaleras, etc. en pavimentos; y forjados, pilares y cambios de plano en recubrimientos).

> **La división en paños de la superficie total del recubrimiento, con la finalidad de que cada paño pueda absorber las tensiones propias del recubrimiento** (generadas principalmente por movimientos debidos a cambios de temperatura y/o humedad) y de las capas intermedias sobre las que está adherido (mismas causas de movimiento, más la retracción de maduración de los aglomerados de cemento). A este tipo de juntas se les denomina intermedias, y su diseño y ubicación dependen de los movimientos esperados.

Las **juntas estructurales** deben respetar, como mínimo, la anchura de la junta sobre la que se ubican en toda su longitud y sin interrupciones. En juntas de control y hormigonado, sobre soleras de hormigón, se les asigna una anchura mínima de 10-12 mm, en toda la sección del recubrimiento. Si son de ejecución manual, deben utilizarse sellantes con una deformabilidad permanente nunca inferior a 15%, también denominada factor de acomodación del movimiento (FAM).

Las juntas **perimetrales e intermedias** penetran en profundidad hasta el soporte estructural o, cuanto menos, hasta la capa de separación o desolidarización. En el caso de un recubrimiento impermeabilizado, estas juntas penetrarán hasta la capa o manta de drenaje situada sobre la impermeabilización. Su anchura depende de los movimientos esperados, no siendo inferior en ningún caso a los 6mm.

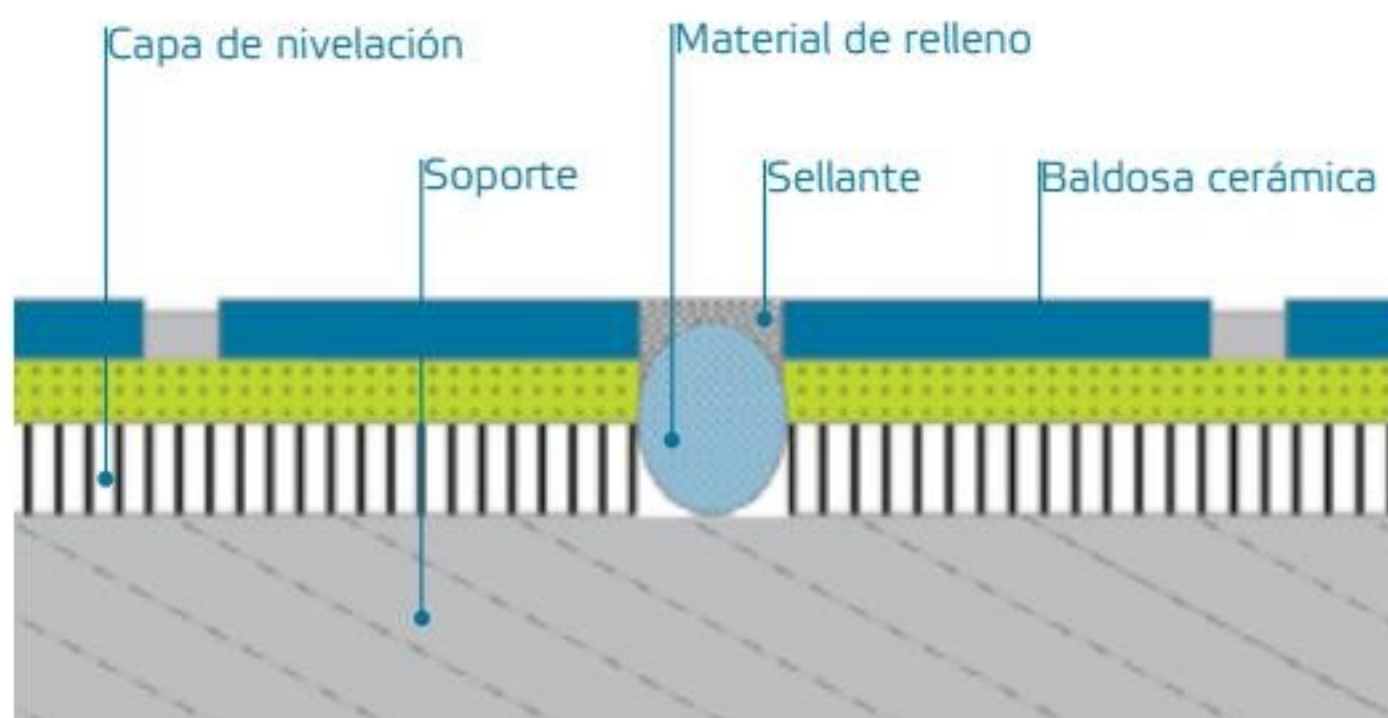
Los ESQUEMAS 3.5, 3.6 y 3.7, y las FOTOGRAFÍAS 3.1, 3.2 y 3.3 adjuntos ilustran estos tipos de juntas.



ESQUEMA 3.5. Junta estructural.



ESQUEMA 3.6. Junta perimetral.



ESQUEMA 3.7. Junta intermedia.



FOTOGRAFÍAS 3.1, 3.2, 3.3. Ejemplos de juntas de movimiento.

La tecnología de colocación permite alcanzar un buen rendimiento en la ejecución de las juntas, bien utilizando juntas prefabricadas o bien empleando materiales compatibles en una ejecución manual. En esta segunda alternativa se diferencian:

- > Los **materiales de relleno** y apoyo, a ubicar en el fondo de la junta, que deben ser permanentemente compresibles y sobre los que no se adhiera el sellante. Constituyen el fondo de junta y su papel esencial es mantener constante el grosor del sellante en toda su longitud. Los más recomendados son los de espuma de polietileno, de célula cerrada en su terminación exterior, obtenidos por extrusión continua y comercializados en secciones rectangular y circular, disponibles con diferentes grosores en función de la anchura de la junta.
- > Los **sellantes**, como materiales especializados en el acabado exterior de una junta de movimiento, también conocidos como masillas. Se comercializan para su aplicación en frío, bien en la versión de vertido (autoni-velantes) o bien para aplicarse con pistola extrudidora. De sus características y criterios de selección se habla en el epígrafe siguiente.

Criterios de selección

Los materiales para el sellado de las juntas de movimiento están expuestos a las tensiones y esfuerzos del sistema de recubrimiento, pero también a las condiciones ambientales y de uso a las que estará sometido en su vida útil. En consecuencia, se deben seleccionar estos materiales en función de las características que presenten para garantizar un buen comportamiento en ambos aspectos. Una vez más, se debe alcanzar un compromiso entre la exigencia de un determinado grado de deformabilidad permanente y las características inherentes a la resistencia a los agentes externos [dureza, resistencia al ataque químico, intervalo de temperaturas de ejercicio, resistencia a la luz solar (componente ultravioleta), comportamiento en inmersión, etc.].

Según la norma británica BS 5385-1, los sellantes elastoméricos en base a la silicona o los poliuretanos son los más convenientes cuando se prevean movimientos frecuentes de una cierta entidad. Si esos movimientos son poco importantes o poco frecuentes, se elegirán materiales de polisulfuros que presentan mayores resistencias a los agentes externos. En un sellante debemos conocer:

- > **El factor de acomodación del movimiento (F.A.M.),** también denominado "de deformabilidad

permanente" o "elasticidad permanente", que viene referenciado en % respecto a la anchura de la junta. Esta característica es esencial para dimensionar la anchura y la distancia entre juntas. Un sellante de silicona, con F.A.M. del 25%, nos permite absorber, de forma reiterada, compresiones y tracciones de 2,5mm en juntas de movimiento de 10mm. Con sellantes de poliuretano, con F.A.M. del 15%, precisaremos una anchura de junta de 17mm aproximadamente.

- > **La relación anchura de junta/ profundidad del sellante,** expresada como cociente (2:1, 1:1, 1:2, 1:3). En función de ese parámetro, indicado por el fabricante, se establece la profundidad del material de relleno.
- > **La dureza según la escala Shore A** (materiales blandos o de mediana dureza), la escala Shore D (materiales duros) o los grados IRHD (International Rubber Hardness Degree).
- > **El rango de temperaturas** entre las que el sellante mantiene sus propiedades.
- > **El tiempo de curado,** dentro de un intervalo de temperaturas. El endurecimiento de las siliconas también depende de la humedad ambiental, además de la temperatura.

Los fabricantes también aportan otros datos relativos al comportamiento en inmersión, el envejecimiento por calor o acción de los rayos UV y, en algunos casos, la resistencia química a productos específicos. La norma británica BS 6213 contempla una guía para la selección y aplicación de los materiales de sellado.

Los sellantes desarrollan su capacidad deformable en una dirección, de ahí la exigencia de que no se peguen al fondo de junta. Al mismo tiempo, precisan de un buen anclaje a los laterales de la junta por lo que se debe controlar el grado de limpieza y, para algunos tipos de sellante, también la ausencia de humedad. Algunos productos requieren imprimaciones previas para favorecer la adherencia.

En el caso de recubrimientos impermeabilizados, se deben disponer manguitos en los sumideros y bandas elásticas sobre las juntas estructurales.

En pavimentos con especiales exigencias de resistencia mecánica se aconseja recurrir a juntas prefabricadas que nos aseguren el buen comportamiento ante las cargas dinámicas previstas. En pavimentos de alta resistencia y estanqueidad químicas, las bandas elásticas sobre juntas estructurales deben contar con protección de acero resistente a la corrosión química.

Criterios de diseño y ejecución

Aunque en algunas normas nacionales se dan especificaciones concretas sobre las juntas de movimiento, se aportan aquí solamente criterios generales para la ubicación de estas juntas según la situación del recubrimiento.

> **En recubrimientos exteriores,** especialmente en edificios en altura, se debe disponer de juntas de movimiento horizontales en las líneas inferior y superior del canto de los forjados y juntas verticales cada 3-4m, formando paños de 9-12m², en función del color y del coeficiente de dilatación térmica lineal de las baldosas y de las máximas oscilaciones térmicas previstas; así como en los cambios de plano del cerramiento o la interposición de cualquier elemento constructivo que lo ciña. Serán juntas de anchura mínima de 10mm, selladas con un material que tenga un F.A.M. no inferior al 15% y un buen comportamiento en la intemperie. Se recomienda la consulta de bibliografía especializada.

> **En pavimentos exteriores,** además de respetar las juntas estructurales preexistentes, se ejecutarán juntas perimetrales en todas las situaciones y las juntas intermedias conformarán paños de superficie nunca superior a 25m². La anchura mínima también será de 10mm y los sellantes seleccionados deberán tener una buena respuesta frente al tránsito previsto, además de cumplir las especificaciones descritas para los recubrimientos.

> **En recubrimientos interiores** también debieran disponerse juntas perimetrales en los encuentros y cambios de plano, especialmente en soportes inestables de clase 2 y clase 3 (cartón-yeso, madera, etc.) o con baldosas de gran formato y colocación sin junta. Sin embargo, cuesta admitir la presencia vista de juntas verticales de textura y color diferentes a la trama de juntas de colocación. Es especialmente recomendable que:

- Los recubrimientos queden libres (20-30mm) por debajo de los forjados, en el caso de que tengan que llegar hasta su proximidad.
- Se dejen holguras o se sellen los encuentros con carpintería de madera y, sobre todo, de aluminio.
- Se dispongan juntas prefabricadas o se sellen los encuentros con platos de ducha y bañeras.

En grandes superficies, deben disponerse juntas intermedias al menos cada 8m. Las juntas tendrán una anchura mínima de 6mm y pueden utilizarse sellantes de silicona con F.A.M. del 20-25%.

- **En pavimentos interiores** se ejecutan siempre juntas perimetrales en los encuentros con todos los elementos constructivos que se interpongan, que podrán quedar embebidos con el rodapié o zócalo. Además de permitir el libre movimiento del pavimento, evitarán los puentes acústicos si están bien ejecutadas, amortiguando la transmisión del ruido de impacto.

En pavimentos corridos desde el pasillo en viviendas no suele respetarse la prolongación de la junta perimetral por el centro de la hoja de las puertas. Esta continuidad de la junta es necesaria cuando se superen los 8m lineales de pavimento ininterrumpido o en solados sobre soportes inestables de clase 2 ó 3.

Las juntas intermedias se ubicarán en solados con superficie superior a los 40m² o longitudes superiores a los 8m, que se reducen respectivamente a 25m² y 5m en pavimentos oscuros con insolación directa o los situados sobre calefacción radiante.

Las juntas perimetrales e intermedias tendrán una anchura mínima de 6 mm y la selección del sellante dependerá del tránsito esperado. Cuando el tránsito sea moderado o inexistente se pueden utilizar sellantes en base a la silicona, con F.A.M. del 20-25%. El recurso a prefabricados puede ser una opción atractiva desde el punto de vista del resultado estético y el rendimiento en la ejecución.

Técnicas de colocación

Ya hemos visto que un buen encuadramiento tecnológico de las baldosas cerámicas y una correcta caracterización de los soportes/superficies de colocación, asociados ambos a los criterios de selección y/o diagnóstico descritos, permiten llegar a la selección de la opción de colocación por adherencia de forma sencilla.

Las diferentes variantes de las técnicas de colocación, ilustradas de forma sencilla con las TABLAS 3.16 y 3.17 adjuntas, abren la puerta a un criterio de selección de la técnica bastante preciso, que se resume en las s que acompañan a los esquemas.

TABLA 3.16. Resumen sobre la selección de la técnica de colocación en recubrimientos.

RG

Colocación en capa gruesa a la valenciana.



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes **estables** de **clase 1**.
- > Sobre superficies de absorción/succión media o alta ⁽¹⁾.
- > Sobre superficies texturadas.
- > Con desviaciones de planitud/aplomado hasta 20mm en 2m.
- > Con baldosas de E>3% ⁽²⁾.
- > Con baldosas de superficie **menor o igual a 900cm²**.

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Soportes **inestables** (clase **2** ó **3**).
- > Superficies lisas y/o inabsorbentes.
- > Baldosas con E≤3%.
- > Baldosas de superficie mayor a 900cm².

RD

Colocación en capa delgada con adhesivo.



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes estables de **clase 1** ó inestables de **clase 2** ⁽³⁾.
- > Sobre superficies lisas.
- > Sobre superficies con desviaciones de planitud menores o iguales a 3mm en 2m (**clase 1**) ⁽⁴⁾.
- > Con baldosas de **E≤3%**.
- > Con baldosas de superficie mayor a 900cm².

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Soportes inestables de **clase 3**, salvo cuando se seleccionen adhesivos **R deformables** (sobre madera, metal, etc.)

(1) Humedecer el soporte.
(2) Humedecer las baldosas con E>10%.
(3) Selección de adhesivos deformables.
(4) Con desviaciones entre 3 y 8mm, seleccionar adhesivos para capa media (hasta 15-20mm de grosor).

RD/R

Colocación en capa delgada con adhesivo sobre capa de regularización.



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes estables de **clase 1**.
- > Sobre superficies texturadas.
- > Sobre superficies de absorción/succión media/alta.
- > Sobre superficies compatibles con el mortero de cemento/cal y bien cohesionadas y limpias.
- > Sobre superficies con desviaciones de planitud/aplomado inferiores a 45mm ⁽⁵⁾.

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Soportes **inestables** (clase **2** ó **3**).
- > Superficies de derivados de yeso.

RD/RR

Colocación en capa delgada con adhesivo sobre capa de contacto reforzada.



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes **inestables** (clase **2** ó **3**).
- > Sobre capas intermedias **compresibles**.
- > Sobre superficies texturadas
- > Sobre superficies de planitud **clase 1**.
- > Con baldosas de **E≤3%** y formatos de superficie mayor a 900cm².

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Sobre superficies con planitud de **clase 3**.

⁽⁵⁾ En caso contrario, la regularización se ejecutará en dos capas consecutivas.

TABLA 3.17. Resumen sobre la selección de la técnica de colocación en pavimentos.

PG

Colocación en capa gruesa directamente sobre el soporte
(colocación “a punta de paleta”)



USOS RECOMENDADOS

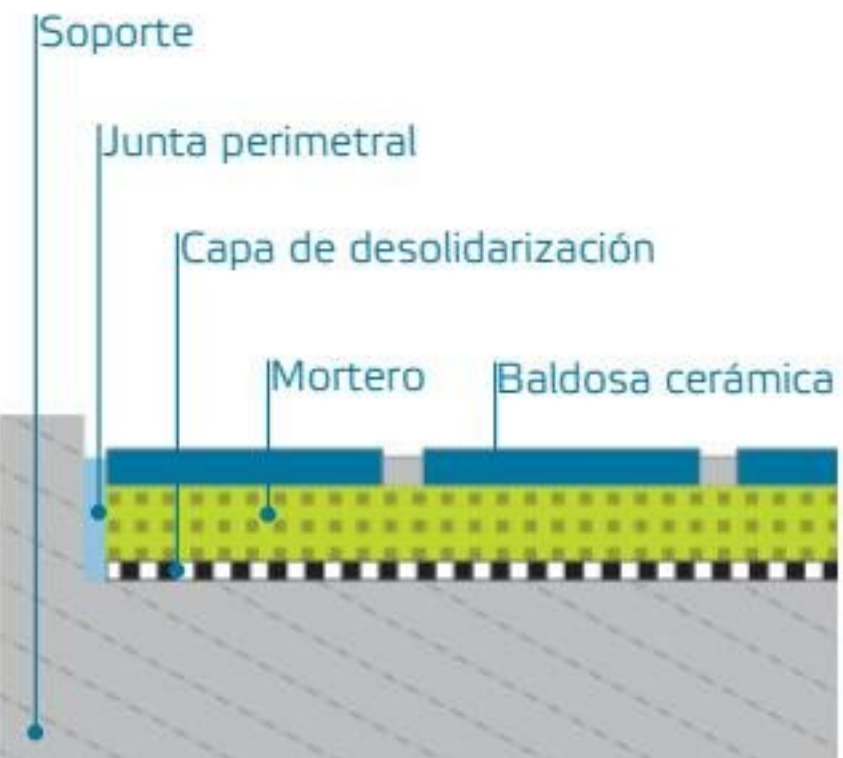
- > Sobre soportes **estables** de **clase 1**.
- > Sobre superficies de absorción/succión media o alta.
- > Sobre superficies texturadas, limpias y cohesionadas.
- > Sobre superficies compatibles con los morteros de cemento y/o cal.
- > Sobre superficies con desviaciones de planitud/nivel menores a **20mm en 2m** ⁽²⁾.
- > Con baldosas de **E>3%** ⁽¹⁾.
- > Con baldosas de superficie menor o igual a 900cm².

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Soportes **inestables** de clase **2** ó **3**.
- > Superficies lisas.
- > Sobre superficies de baja o nula absorción/succión de agua.
- > Sobre superficies incompatibles con los morteros de cemento y/o cal.
- > Baldosas con **E≤3%**.
- > Baldosas de superficie mayor a 900cm².

PG/D

Colocación en capa gruesa sobre capa de desolidarización
(colocación “al tendido”)



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes **estables** de **clase 1** ó inestables de **clase 2** ⁽³⁾.
- > Con baldosas de **E>3%** ⁽¹⁾ ⁽⁴⁾.
- > Con baldosas de superficie menor o igual a 900cm².

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Sobre forjados **inestables** de **clase 3** ⁽³⁾.
- > Con baldosas de superficie mayor a 900cm².
- > Con baldosas de **E≤3%** ⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Humedecer las baldosas con E>10%
⁽²⁾ Mayores desviaciones exigen capa de regularización, con acabado a buena vista.
⁽³⁾ Sobre soportes inestables de clase 3 es compatible esta técnica si el mortero semiseco hace de solera flotante, con suficiente resistencia mecánica.
⁽⁴⁾ Con baldosas de E ≤ 3% se puede sustituir el espolvoreado de cemento y cal por un puente de unión (“tac”)

PD

Colocación en capa delgada directamente sobre el soporte.



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes **estables** de **clase 1** ó inestables de **clase 2** ⁽⁵⁾.
- > Sobre superficies de planitud/nivel de **clase 1**, con desviaciones menores o iguales a 3mm en 2m.

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Sobre forjados **inestables** de **clase 3**.
- > Sobre superficies con desviaciones de planitud/nivel superiores a 8mm en 2m.

PN/D

Colocación en capa delgada sobre solera nivelada.



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes **estables** de **clase 1**.
- > Sobre superficie nivelada de planitud **clase 1** (desviaciones menores o iguales a 3mm en 2m).
- > Sobre superficies **estables** de **clase 1** ó inestables de **clase 2** ⁽⁵⁾.
- > Sobre superficie texturada y cohesionada.

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Sobre soportes **inestables** de **clase 2** ó **3**.
- > Sobre superficies con desviaciones de planitud mayores a 8mm en 2m.
- > Sobre superficies inestables de **clase 3**.

⁽⁵⁾ Se recomienda la selección de adhesivos deformables.

PD/DN

Colocación en capa delgada sobre solera nivelada y capa de desolidarización.



USOS RECOMENDADOS

- > Sobre soportes **inestables** de **clases 2 ó 3**.
- > Sobre superficie nivelada de planitud **clase 1**.
- > Sobre superficie nivelada de estabilidad **clases 1 ó 2** ⁽⁵⁾.

EXCLUSIONES/LIMITACIONES

- > Sobre capas intermedias compresibles.

⁽⁵⁾

Se recomienda la selección de adhesivos deformables.

Preparación y aplicación de los materiales

Morteros, adhesivos y materiales de rejuntado demandan condiciones de preparación y aplicación cuidadosas. Las normas sobre estos materiales ya contemplan una serie de características y recomendaciones sobre el almacenamiento, manipulación y preparación, así como para su aplicación y condiciones de endurecimiento, fraguado o maduración antes de la puesta en servicio del recubrimiento cerámico.

Además, los fabricantes de adhesivos y materiales de rejuntado acompañan la comercialización de sus productos con una información técnica de

calidad. Un proyecto de recubrimiento debe incorporar, tras la selección de los materiales, las instrucciones de uso y las condiciones que deben presidir el proceso de colocación de las baldosas. Son datos fundamentales:

- > Las condiciones de almacenamiento y el tiempo de conservación.
- > La descripción de las condiciones y fases del proceso de mezcla.
- > Los útiles de mezcla y el respeto del tiempo de reposo (también denominado de maduración) de adhesivos y materiales de rejuntado cementosos.
- > La vida útil o tiempo de utili-

zación de los adhesivos en las condiciones ambientales de aplicación, así como el tiempo abierto disponible.

- > La humectación mínima a respetar en el asentamiento de la baldosa (superficie del reverso de la baldosa que queda manchada por el adhesivo).
- > La mención explícita de las condiciones de aplicación, incluso con extensión a los útiles (llanas dentadas, talochas).
- > Tiempos y medidas de protección en el proceso de endurecimiento. Esenciales en los adhesivos y materiales de rejuntado.

Rejuntado y limpieza final, mantenimiento

La operación de rejuntado merece tanto esmero y cualificación como la misma instalación de las baldosas. De ella depende la durabilidad del recubrimiento cerámico y su calidad estética.

También aquí se recomienda que figuren en el proyecto:

- > Las condiciones ambientales compatibles con la operación de rejuntado.
- > La descripción de las fases del proceso y los útiles o equipos a emplear.

- > Las operaciones de limpieza y protección tras el rejuntado.
- > Las medidas de protección del recubrimiento hasta su entrega y ante las intervenciones de otros oficios.

Algunos tipos de recubrimiento cerámico (por ejemplo, los resueltos con baldosas porosas no vidriadas) precisan tratamientos de protección tras la colocación. En otras situaciones, se precisa aplicar imprimaciones con diferentes fines: obtención de una textura o calidez cromática, conferir mayor capacidad antideslizante a un solado, etc. Se trata de aplicaciones de productos orgánicos que tienen una vida útil determinada.

En el caso de que un recubrimiento cerámico precise este tipo de tratamiento, el proyecto debe incorporar:

- > Los datos de los materiales a emplear, la modalidad y las condiciones de aplicación.
- > La frecuencia y las condiciones de mantenimiento ordinario.
- > La frecuencia y las condiciones del mantenimiento extraordinario, asociado a operaciones de limpieza, desincrustación y reposición de las imprimaciones protectoras y/o embellecedoras en solados con baldosas de tierra cocida.

Sistemas de recubrimiento especiales

Se enuncian tres funcionalidades, entre un abanico amplio de posibilidades, ante las que el proyecto cerámico puede representar una solución constructiva, un sistema de recubrimiento.

Requerimientos especiales

Aislamiento acústico

La referencia primaria, de obligada consideración en los proyectos a partir del 24/4/2009, es el Documento Básico del CTE "DB HR, Protección frente al ruido", que establece los requisitos básicos que deben reunir los elementos constructivos que conforman recintos para amortiguar el ruido aéreo, por impacto y por vibraciones procedentes de instalaciones propias de los edificios.

Según **DB HR**, el proyecto de recubrimiento cerámico fonoaislante deberá tomar referencias respecto a:

- > La caracterización y cuantificación de las exigencias (valores límite de aislamiento y tiempo de reverberación, así como vibraciones).
- > Los criterios de diseño y dimensionado.

- > Las exigencias de los productos, elementos constructivos y el control de recepción.
- > Las pautas de ejecución y sus controles.

Siendo de gran ayuda a la proyección algunos de los anexos del Documento [E, F, G, H, I, J y K].

Aislamiento térmico

La proyección de un recubrimiento cerámico termoaislante implica la consideración primaria del Documento Básico del CTE dedicado al ahorro de energía **[DB HE]**, en sus exigencias básicas de ahorro de energía y limitación de la demanda energética, pero con posibilidades de incorporar funcionalidades especiales como la contribución a la captación de la energía solar para agua sanitaria o generación de energía eléctrica. Pero también el recubrimiento cerámico debe participar en los requisitos de salubridad **[DB HS]**, sobre todo en las soluciones que aporten protección frente a la humedad y la calidad del aire interior, con un conjunto de requisitos que se complementan en

ambos Documentos, **[HE 1-2]**, con un apartado dedicado a las condensaciones; **HS 3**, respecto a la calidad del aire interior, en aspectos diferentes a la ventilación y extracción].

Los pavimentos cerámicos calefactados e incluso los recubrimientos anticondensación son otras funcionalidades que el proyectista puede contemplar.

Son apartados sensibles del DB HE para la definición de un proyecto de recubrimiento cerámico:

- > La caracterización y cuantificación de las exigencias respecto a la demanda energética, la

previsión de condensaciones y la permeabilidad al aire.

- > El cálculo y dimensionado del elemento constructivo.
- > Las características de los productos y su control de recepción.
- > Las variables de ejecución y sus controles.

Son recubrimientos cerámicos especializados bajo estas funcionalidades: las envolventes semipesadas y ligeras termoaislantes, los pavimentos calefactados, los recubrimientos anticondensación, los sistemas de captación de energía solar, recubrimientos reguladores de la humedad ambiental y/o absorbentes de COVs, etc.

Impermeabilización

El proyecto de recubrimiento cerámico impermeabilizado deberá atender los requisitos del Documento Básico **DB HS** y, más concretamente, las exigencias básicas de protección frente a la humedad [HS-1], en los aspectos esenciales que atañen a muros, fachadas, suelos y cubiertas, con extensión a las características exigibles a los productos y el proceso de ejecución.

En espacios interiores húmedos se aplican normas y reglamentos con productos que, en unos casos, protegen de la acción del agua en estado líquido y, en otros, constituyen barreras estancas al paso del agua en estado líquido o vapor. La reciente norma sobre impermeabilizaciones líquidas [UNE-EN 14891 (2008)] ayuda a la caracterización de estos productos.

Los proyectos de recubrimientos cerámicos en inmersión deben considerarse dentro de esta funcionalidad.

Otras funcionalidades

Las baldosas cerámicas, por sus características intrínsecas o aportadas en procesos específicos, son idóneas (en ocasiones insustituibles) en

recubrimientos con otras funcionalidades que, en todos los casos, requieren proyectos específicos. Entre ellos:

- > Recubrimientos cerámicos de alta resistencia y estanqueidad químicas.
- > Solados higiénicos de alta resistencia mecánica.
- > Pavimentos cerámicos conductivos.

Sistemas básicos

Pavimentos cerámicos fonoaislantes

El Proyectista tiene básicamente dos alternativas: selección de materiales fonoaislantes de baja compresibilidad sobre los que se puede ejecutar directamente el solado cerámico, en capa delgada con un adhesivo cementoso deformable [**C 2 S1**], o emplear productos de media compresibilidad, con un determinado grosor, que obligan a un recredado autoportante del pavimento cerámico, instalado bajo las modalidades **PG/D** o **PD/DN**.

En todos los casos se exige una soleira plana y nivelada para la disposición de la manta o placas fonoaislantes. Las dos opciones obedecen respectivamente a:

- > No gravar con recredos la altura útil de las estancias, en conjunción con una colocación en capa delgada. Representa la solución en la edificación residencial.
- > Mayor exigencia de resistencia mecánica del solado en recintos de la Arquitectura de Pública Concurrencia o por compatibilidad con la colocación al tendido en viviendas, con menores costes de ejecución.

En ambos casos, la ejecución debe evitar los puentes acústicos en los encuentros.

Existen abundantes fuentes documentales sobre la caracterización de los materiales fonoaislantes y los parámetros de ejecución de los solados.

Recubrimientos cerámicos termoaislantes

Bajo esta funcionalidad hay diferentes modalidades de ejecución según sean recubrimientos o pavimentos y, dentro de estos últimos, según las exigencias mecánicas del solado.

Para recubrimientos son opciones innovadoras:

- > La colocación en interiores directamente sobre paneles de poliestireno reforzado con malla de fibra de vidrio, en capa delgada con adhesivos deformables.
- > La colocación exterior de los laminados cerámicos sobre el mismo tipo de paneles de baja compresibilidad, adheridos y con sujeción mecánica.

Ambas opciones exigen condiciones de planitud y aplomado propias de la colocación en capa delgada.

En solados, todos los proyectos deben contemplar una **solera flotante** sobre los materiales de aislamiento, diseñada en función del grosor y compresibilidad del material fonoaislante y de las exigencias de uso del solado.

En solados exteriores, el requerimiento de impermeabilización y drenaje añade estas funcionalidades al aislamiento térmico y seguramente acústico en terrazas pisables. En este caso más complejo se aconseja consultar documentación específica sobre estas soluciones constructivas.

Recubrimientos cerámicos impermeabilizados

En recubrimientos cerámicos de interior la opción más extendida es el uso de impermeabilizaciones líquidas aplicadas con rodillo o brocha. Son los productos referenciados en la norma UNE-EN 14891 (2008), compatibles con soleras y enfoscados estables y no fisurados, y con la colocación en capa delgada con adhesivos cementosos compatibles. Dado que las baldosas cerámicas se instalan

directamente sobre la impermeabilización, las superficies entregadas deben presentar una óptima planitud, nivel o aplomado. Sus inconvenientes son una reticulación tras endurecimiento que tiene limitadas resistencias a la presión de vapor y a la rotura a tracción.

En exteriores, **las membranas líquidas** (otra denominación de las imper-

meabilizaciones líquidas) someten a esfuerzos de cizalladura la interfaz con el adhesivo cementoso al tener un coeficiente de dilatación térmica lineal alrededor del doble que el material de agarre. Por los inconvenientes anteriores respecto a la fisuración, en los casos que se precise drenaje y en balcones/terrazas con fuertes oscilaciones térmicas, no es aconsejable esta modalidad de impermeabilización.

En las impermeabilizaciones líquidas resulta clave:

- › El refuerzo antifisuración mediante bandas elásticas, adheridas entre capas en la ejecución de la impermeabilización, en los cambios de plano y encuentros.
- › El uso de manguitos elásticos en las entregas a sumideros y a elementos de fontanería que se interponen.

La alternativa es la **impermeabilización mediante láminas**, especialmente indicada en exteriores donde se precise drenaje o exista riesgo de fisuración del soporte. Bajo esta solución se adoptan ejecuciones artesanales, bajo la técnica bien descrita en manuales de impermeabilización, o se recurre a prefabricados con mayor garantía de funcionamiento y menor coste de mano de obra en la instalación.

En un proyecto de recubrimiento cerámico impermeabilizado bajo esta segunda modalidad es muy recomendable aportar detalles constructivos de las entregas a los elementos que se interponen, la disposición de capas y las entregas a desagües y sumideros.

Tanto la impermeabilización tradicional mediante láminas como los productos y sistemas prefabricados están bien referenciados en bibliografía y en la documentación técnica de las empresas que los comercializan.

Especificaciones en proyecto

Definición de los documentos de proyecto en los que se contienen las especificaciones de recubrimientos cerámicos (alicatados y pavimentos)

Prescripciones sobre los productos: baldosa cerámica, material de agarre, material de rejuntado, en su caso lámina de aislamiento, en su caso capa de nivelación

Prescripciones sobre la ejecución

Ejemplo de especificación de alicatado

Ejemplo de especificación de pavimento cerámico

Definición de los documentos de proyecto

en los que se contienen las especificaciones de recubrimientos cerámicos (alicatados y pavimentos)

Los contenidos del Proyecto vienen definidos en el Anejo I de la Parte primera de CTE, y en cada uno de ellos debe hacerse una aproximación diferente a los recubrimientos cerámicos según se indica en la TABLA 3.18.

Dado que mucha de la información se repite en varios de los apartados del proyecto resulta de vital importancia evitar discrepancias entre los distintos documentos del proyecto por lo resulta interesante utilizar códigos de producto que permitan resumir las descripciones y evitar errores.

I MEMORIA	Memoria descriptiva	Definición general del edificio sin entrar en detalles, se indicarán las prestaciones generales del edificio
	Memoria constructiva	Se describirán las soluciones adoptadas, en la descripción de la envolvente o en los acabados se indicará las características y prescripciones para cumplir los requisitos de funcionalidad, seguridad, habitabilidad
	Cumplimiento del CTE	Justificación de las prestaciones del edificio por requisitos básicos en relación con las exigencias básicas del CTE Merece especial atención en este apartado la justificación del cumplimiento del DB SU-1 de resbaladricidad de pavimentos Así mismo los sistemas constructivos en los que la solución de pavimento aporte una mejora del aislamiento acústico o térmico también serán objeto de justificación
	Anejos a la memoria	Se incluirán aquellos anejos que sean necesarios para la definición del proyecto, en principio con un recubrimiento cerámico convencional no sería necesario incluir documentación adicional... Si que puede resultar de interés en este apartado el Plan de Control de Calidad en el que se pueden especifica los parámetros a controlar y la sistemática de control a utilizar
II PLANOS	Planos de definición constructiva	Dentro de la documentación gráfica resulta de interés la inclusión de planos de replanteo de los pavimentos y revestimientos indicando juntas de dilatación, juntas de partición y juntas perimetrales
	Memorias gráficas	Se pueden entender como tales, detalles constructivos explicativos de las distintas soluciones
III PLIEGO DE CONDICIONES	Administrativas Generales Facultativas Económicas Técnicas particulares de los materiales de la ejecución de la verificación en el edificio terminado	Es en este apartado donde se deben reseñar las características técnicas exigibles a los productos, las condiciones de suministro y recepción, las garantías de calidad exigibles y el control de recepción a realizar. Las especificaciones se podrán hacer con arreglo a las normativas de producto o a guías de aplicación como la Guía de la Baldosa Cerámica, lo que nos permitirá resumir todas las características en un código de baldosa. Se indicarán así mismo las verificaciones y pruebas de servicio que deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio
IV MEDICIONES	Se desarrollarán las descripciones técnicas necesarias para su especificación y valoración	
V PRESUPUESTO	Se realizará la valoración de las mismas	

TABLA 3.18. Documentos de proyecto.

Prescripciones sobre los productos

baldosa cerámica, material de agarre, material de rejuntado, en su caso lámina de aislamiento, en su caso capa de nivelación

La prescripción de los productos como ya se ha indicado en el apartado anterior de documentos de proyecto deberá realizarse de forma completa en el pliego de prescripciones técnicas particulares, atendiendo a las características definidas en los capítulos anteriores. Con objeto de simplificar dicha prescripción se puede recurrir a los códigos definidos en las distintas guías y normas de producto.

En estas prescripciones se debe definir suficientemente todos los productos utilizados con al menos la información dada en la TABLA 3.19.

BALDOSAS	Producto	azulejo, gres esmaltado, gres porcelánico, baldosín catalán, gres rústico, barro cocido,...
	Designación normativa	según la norma UNE-EN 14411
	Código	según la Guía de la Baldosa Cerámica o definición equivalente (resist. mecánica, desgaste por rozamiento, resbaladidad,...)
	Formato, aspecto, tono, ...	si se cree necesario
MATERIAL DE AGARRE	Producto	mortero de cemento (MC), adhesivos para baldosas cerámicas (Según UNE-EN 12004:2001)
	Designación normativa	MC, Ci, C1, C2, D1, D2, R1, R2
	Características adicionales	tiempo abierto prolongado (E), Deformabilidad (S1, S2), Deslizamiento o descuelgue (T), Fraguado rápido (F)
	Sistema de colocación	capa gruesa o capa fina
MATERIAL DE REJUNTADO	Producto	mortero de juntas cementoso o de resinas reactivas, lechada de cemento
	Designación normativa	mortero de juntas cementoso (CG1, CG2W, CG2Ar, CG2ArW), mortero de juntas de resinas reactivas (RG), lechada de cemento (L). Según (prEN 13888)
	Color	si se cree necesario
LÁMINA DE AISLAMIENTO	Material y espesor	
CAPA DE NIVELACIÓN	Material (mortero autonivelante, mortero armado) tipo de mortero, espesor, características del armado (diámetro, malla y tipo de acero)	

TABLA 3.19. Prescripciones sobre los productos.

Prescripciones sobre la ejecución

La prescripción del sistema de ejecución se deberá realizar en el pliego de condiciones técnicas y se deberá definir: las comprobaciones a realizar, la preparación del soporte, el sistema constructivo, el proceso de ejecución y técnicas de colocación, con especial atención a las juntas de colocación, movimiento y dilatación.

Ejemplo de especificación de alicatado

Alicatado con azulejo BIII-GL
EN-UNE 14411 con código
de la Guía de la Baldosa cerámica
1/0/-/- formato 10x10cm color claro,
acabado brillo.

Colocadas sobre partición interior de yeso laminado hidrófugo, con capa fina de adhesivo cementoso C1 y rejuntadas con **mortero de juntas cementoso normal CG1** color blanco, junta de **1,5mm**. Cantoneras, juntas y encuentros mediante perfiles especiales de PVC.

Ejemplo de especificación de pavimento cerámico

Pavimento exterior formado por baldosas cerámicas de **gres porcelánico BI₁** EN-UNE 14411 con código de la Guía de la baldosa cerámica **2/3/-/E** (pavimento para tránsito peatonal leve, con clase de resbaladicidad 3 según el CTE, y característica adicional para uso en exteriores), **de 33x33cm color crema, textura imitación abujardado.**

Colocadas sobre forjado de hormigón armado con luz media de 5,50m y canto 30cm, formación de pendientes mediante hormigón celular de densidad 1500kg/m³ y espesor comprendido entre 5 y 20cm con despiece de **juntas de dilatación** formando cuadrados de **4,00x4,00m**, lámina impermeabilizante de betún modificado **LBM(SBS)-40/FP (140)** cubriendo los paramentos verticales hasta una altura de 20cm y protección mediante capa de mortero de cemento M-10 de 5cm de espesor con malla electrosoldada **ME 10x10, Ø5 mm**, acero B 500 T 6x2,20 UNE 36092.

Colocación en capa fina con doble encolado con **adhesivo cementoso** con tiempo abierto extendido **C2-E**, color gris y rejuntadas con **mortero de juntas cementoso** con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida **CG2** color crema, **junta de colocación de 2mm**, con **juntas perimetrales**, y **juntas de dilatación** de espesor no inferior a 5mm con cordón obturador y masilla de poliuretano elástico color marrón para sellado de juntas.

Control de obra

Control de recepción en obra de productos

Control de ejecución del recubrimiento cerámico

Unidades de inspección

Controles de la ejecución del soporte base

Controles de la ejecución y disposición de las capas intermedias

Controles de la colocación y rejuntado de las baldosas

Control del recubrimiento cerámico

Comprobación final de la regularidad dimensional

Comprobación del aspecto superficial, limpieza y
protección del recubrimiento

Durante la ejecución de la unidad de obra de recubrimientos cerámicos el director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:

- > Control de recepción en obra de productos.
- > Control de ejecución del recubrimiento (alicatado y pavimento cerámico).
- > Control del recubrimiento terminado.

Dichos controles tienen por objeto comprobar que los productos, los procesos y actividades de la ejecución del recubrimiento y el recubrimiento terminado, son conformes con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

Antes de iniciar las actividades de control en la obra, la dirección facultativa aprobará un programa de control, preparado el constructor de acuerdo el plan de control y el pliego de condiciones definidos en el proyecto. Dicho programa deberá contemplar:

- > La identificación de productos y procesos de ejecución objeto de control, definiendo los lotes de control y unidades de inspección, describiendo para cada caso las comprobaciones a realizar y los criterios de aceptación y rechazo.
- > La documentación de control necesaria.

Control de recepción en obra de productos

Deberá comprobarse que los productos recibidos:

- > Corresponden a los especificados en el plan de control o, en su caso, en el pliego de condiciones del proyecto.
- > Disponen de la documentación exigida.
- > Están caracterizados por las propiedades exigidas.
- > Han sido ensayados, cuando así se establezca en el programa de control.

En la TABLA 3.20 se indican las actuaciones a seguir para asumir la conformidad de los productos.

PRODUCTO / IDENTIFICACIÓN	Se comprobará la identidad del producto que se recibe: - Tipo - Designación - En su caso, dimensiones y forma - En su caso, acabado - En su caso, código de baldosa
PROPIEDADES EXIGIDAS. ESPECIFICACIONES	En el caso de que en el proyecto el producto esté caracterizado por una serie de propiedades exigidas (especificaciones), se comprobará que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE o en la declaración de las características técnicas, permiten deducir el cumplimiento de dichas especificaciones
CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS	Se facilitarán al menos los siguientes documentos: Antes del suministro: - documentación acreditativa del marcado CE (etiquetado CE con declaración de las características técnicas + declaración CE de conformidad - en su caso, declaración de las características técnicas del producto firmada por el fabricante Durante el suministro: - hoja de suministro y etiquetado CE. Comprobar que la identificación del producto y características se corresponden con lo exigido en proyecto
CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS	En el caso de que el producto dispusiera de distintivo y éste avalara las características exigidas, se aceptará el producto sin más que acreditar la posesión del distintivo
CONTROL MEDIANTE ENSAYOS	En el caso de que en el proyecto se exijan determinadas especificaciones para el producto y no pueda deducirse su conformidad mediante la verificación documental, se realizarán los ensayos de las características correspondientes

TABLA 3.20. Actuaciones a seguir para sumir la conformidad de los productos.

Debe tenerse en cuenta la legislación aplicable sobre seguridad frente al riesgo de caídas, en concreto el DB SU1 del Código Técnico de la Edificación contiene la siguiente exigencia: con el fin de delimitar el riesgo de resbalamiento, los suelos de los edificios o zonas de uso Sanitario, Docente, Comercial, Administrativo, Aparcamiento y Publica, tendrán una clase adecuada conforme al apartado 3 del DB SU 1 Resbaladidad de los suelos. (Las clases definidas: 0, 1, 2 y 3 son función de la resistencia al deslizamiento Rd, determinada según UNE-ENV 12633:2003).

De todos los productos que intervienen en un recubrimiento cerámico se recomienda que al menos se sometan a control de recepción aquellos de mayor repercusión en la calidad final de recubrimiento, es decir: baldosa cerámica; adhesivo cerámico; material de rejuntado; pasta autonivelante o, en su caso, mortero de cemento; lámina de aislamiento a ruido de impactos.

El director de la ejecución de la obra será el responsable de la gestión de la documentación de control.

PRODUCTO / IDENTIFICACIÓN	BALDOSA CERÁMICA Se comprobará la identidad del producto que se recibe: - Tipo - Dimensiones y forma - Acabado - En su caso, código de baldosa
ROPIEDADES EXIGIDAS (ESPECIFICACIONES)	En este ejemplo en el proyecto se ha especificado un código de baldosa ^[1] : 4/1/H/- Por lo tanto, la baldosa debe cumplir las siguientes especificaciones ^[2] : - Carga de rotura a la flexión >900 N - Resistencia a la abrasión >2100 rev. - Pérdida de brillo <15 - Dureza Mohs ≥4 - Resistencia al desliz.: clase ≥1 (15<Rd≤35) - Resist. a ácidos y bases: mín. clase LA en baja concentración y clase HB en alta concentración
CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS	Se facilitarán al menos los siguientes documentos: Antes del suministro: - documentación acreditativa del marcado CE (etiquetado CE con declaración de las características técnicas + declaración CE de conformidad - declaración de las características técnicas del producto firmada por el fabricante Durante el suministro: - hoja de suministro y etiquetado CE. Comprobar que la identificación del producto y características se corresponden con lo exigido en proyecto
CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS	Sin distintivo de calidad para este producto
CONTROL MEDIANTE ENSAYOS	En este ejemplo en la declaración de características del fabricante no aparece valor alguno de la resistencia al deslizamiento. Por lo tanto, la dirección facultativa solicitará la realización del ensayo: - Resistencia al deslizamiento según UNE-ENV 12633

PRODUCTO / IDENTIFICACIÓN	ADHESIVO CERÁMICO Se comprobará la identidad del producto que se recibe: - designación - en su caso, características adicionales
ROPIEDADES EXIGIDAS (ESPECIFICACIONES)	En este ejemplo en el proyecto se ha especificado la utilización de un adhesivo C2E Por lo tanto, se comprobará que el adhesivo que se recibe se corresponde con esa designación
CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS	Se facilitarán al menos los siguientes documentos: Antes del suministro: - documentación acreditativa del marcado CE (etiquetado CE con declaración de las características técnicas + declaración CE de conformidad Durante el suministro: - hoja de suministro y etiquetado CE. Comprobar que la identificación del producto y características se corresponden con lo exigido en proyecto
CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS	Sin distintivo de calidad para este producto
CONTROL MEDIANTE ENSAYOS	En este ejemplo no se prescribe en proyecto la recepción mediante ensayos

^[1] Código de baldosa de acuerdo con la Guía de la Baldosa Cerámica

^[2] Procedimientos de ensayo: Véase apartado 4.2 de la Guía de la Baldosa Cerámica

TABLA 3.21. Ejemplo de control de recepción de productos de un pavimento en un edificio de pública concurrencia.

proyecto y puesta en obra

control de obra

PRODUCTO / IDENTIFICACIÓN	MATERIAL DE REJUNTADO Se comprobará la identidad del producto que se recibe: - designación según UNE-EN 13888 - en su caso, características adicionales
PROPIEDADES EXIGIDAS (ESPECIFICACIONES)	En este ejemplo en el proyecto se ha especificado la utilización de un adhesivo CG2 Por lo tanto, se comprobará que el material de rejuntado que se recibe se corresponde con esa designación
CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS	Se facilitarán al menos los siguientes documentos: Antes del suministro: - certificado de garantía del fabricante con declaración de las características técnicas del producto Durante el suministro: - hoja de suministro y etiquetado CE. Comprobar que la identificación del producto y características se corresponden con lo exigido en proyecto
CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS	Sin distintivo de calidad para este producto
CONTROL MEDIANTE ENSAYOS	En este ejemplo no se prescribe en proyecto la recepción mediante ensayos
PRODUCTO / IDENTIFICACIÓN	PASTA AUTONIVELANTE Se comprobará la identidad del producto que se recibe: - designación según UNE-EN 13888 - en su caso, características adicionales
PROPIEDADES EXIGIDAS (ESPECIFICACIONES)	En este ejemplo en el proyecto se ha especificado la utilización de una pasta autonivelante CT-C20-F3 Por lo tanto, se comprobará que la pasta autonivelante que se recibe se corresponde con esa designación
CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS	Se facilitarán al menos los siguientes documentos: Antes del suministro: - documentación acreditativa del marcado CE (etiquetado CE con declaración de las características técnicas + declaración CE de conformidad Durante el suministro: - hoja de suministro y etiquetado CE. Comprobar que la identificación del producto y características se corresponden con lo exigido en proyecto
CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS	Sin distintivo de calidad para este producto
CONTROL MEDIANTE ENSAYOS	En este ejemplo no se prescribe en proyecto la recepción mediante ensayos
PRODUCTO / IDENTIFICACIÓN	LÁMINA AISLANTE AL RUIDO DE IMPACTOS Se comprobará la identidad del producto que se recibe: - tipo - espesor - en su caso, características adicionales
PROPIEDADES EXIGIDAS (ESPECIFICACIONES)	En este ejemplo en el proyecto se ha especificado la utilización de una lámina de polietileno de 9 mm de espesor y una mejora del nivel de ruido de impacto, $AL_w \geq 24 \text{ dB}$
CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS	Se facilitarán al menos los siguientes documentos: Antes del suministro: - certificado de garantía del fabricante con declaración de las características técnicas del producto Durante el suministro: - hoja de suministro y etiquetado CE. Comprobar que la identificación del producto y características se corresponden con lo exigido en proyecto
CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS	Sin distintivo de calidad para este producto
CONTROL MEDIANTE ENSAYOS	En este ejemplo no se prescribe en proyecto la recepción mediante ensayos

Control de ejecución del recubrimiento

El control de ejecución de la unidad de obra de recubrimientos cerámicos tiene por objeto comprobar que los procesos y actividades de ejecución son conformes con lo indicado en el plan de control y en el pliego de condiciones del proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

Como ya se ha indicado la programación del control deberá identificar los procesos y actividades objeto de control, los lotes de ejecución (unidades de inspección), las comprobaciones a realizar y su frecuencia, así como los criterios de aceptación.

La dirección facultativa podrá reducir el control externo en el caso de que el constructor o, en su caso, el profesional instalador disponga de un control de producción o bien su actividad esté certificada.

Esta guía propone un tamaño de unidad de inspección, comprobaciones a realizar y frecuencia de éstas con carácter orientativo. La aplicación de factores de ponderación del control que tengan en cuenta por ejemplo la dimensión del recubrimiento, la agresividad ambiental, la climatología, la utilización de sistemas innovadores o complejos, son condicionantes a tener en cuenta a la hora de planificar el control.

Unidades de inspección

proceso (fase de ejecución)	tamaño unidad de inspección	
	interiores de uso residencial	exteriores y uso de pública concurrencia
Ejecución del soporte base	400m ² ó 4 viviendas	200m ²
Ejecución de las capas intermedias		
Colocación y rejuntado de las baldosas		

TABLA 3.22. Dimensión o tamaño máximo de la unidad de inspección.

La dimensión o tamaño máximo de la unidad de inspección que se proponen (TABLA 3.22) para cada una de las fases de ejecución es a título orientativo, en función de la singularidad, complejidad o desarrollo de la ejecución del recubrimiento, la dirección facultativa podrá establecer el tamaño que considere más conveniente.

En cada uno de los procesos o actividades incluidos en una unidad de inspección, el constructor o, en su caso, el instalador desarrollará su autocontrol y la dirección facultativa procederá a su control externo, mediante la realización de un número de comprobaciones (puntos de control).

A continuación, se describe una relación de comprobaciones a realizar por cada fase de ejecución, la relación no pretende ser exhaustiva, recoge las más significativas y está basada en las tablas E de la Guía de la Baldosa Cerámica.

Controles de la ejecución del soporte base

Deberán efectuarse al menos las siguientes comprobaciones:

- > El soporte es dimensionalmente estable, es decir, se han respetado unos tiempos de espera para que concluyan las retracciones.
- > La superficie del soporte se encuentra sin pegotes, restos de obra, manchas, humedades, etc.
- > El estado aparente (planeidad, dureza superficial, porosidad, cohesión, humedad, etc.) es compatible con el sistema de colocación a emplear.

Controles de la ejecución y disposición de capas intermedias

Deberán efectuarse al menos las siguientes comprobaciones

- > En el caso de estar prevista una capa de arena o gravilla se comprobará el espesor y, en su caso, que la arena se encuentra seca.
 - > En el caso de que deba instalarse una capa de nivelación en suelos o de regularización en paramentos para permitir la aplicación del adhesivo, se comprobará que su tipo se corresponde con el especificado en proyecto y su planeidad final.
 - Comprobar que el material aislante cubre toda la superficie del forjado y no se interrumpe su continuidad, para ello se solapará o sellarán las láminas de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
 - > En el caso de instalarse suelos flotantes que contienen lámina de aislamiento a ruido de impactos:
 - Comprobar, cuando sobre la lámina se coloque una solera de nivelación (de mortero o pasta autonivelante) y ésta no fuera impermeable, que se protege con una barrera impermeable, previamente al vertido del mortero o pasta autonivelante.
 - Comprobar que los encuentros entre el suelo flotante y los elementos de separación verticales, tabiques y pilares se realizan de tal manera que se eliminen contactos rígidos entre el suelo flotante y los elementos constructivos perimétricos.
- Comprobar, consultando las instrucciones del fabricante del material aislante, el espesor mínimo de la solera de nivelación (normalmente $\geq 7\text{cm}$) y si debe armarse con mallazo y su cuantía.
 - Comprobar que el vertido no rebosa por encima del perímetro del material aislante en el encuentro con los elementos de separación verticales.
 - Una vez realizado el vertido comprobar que se toman medidas para evitar una rápida pérdida de agua por evaporación en prevención de la aparición de fisuras de retracción.

Controles de la colocación y rejuntado de las baldosas

Deberán efectuarse al menos las siguientes comprobaciones:

- > En las baldosas: comprobar uniformidad de las características superficiales y aspecto visual.
- > En el adhesivo: comprobar que el tipo de adhesivo que se utiliza se corresponde con el especificado en proyecto.
- > En la aplicación del adhesivo: comprobar que se siguen las instrucciones del adhesivo; comprobar espesor, extensión y peinado con llana dentada; comprobar adicionalmente que levantando una baldosa al azar no presenta huecos.
- > En la colocación de las baldosas: comprobar que se colocan antes de que se forme una película sobre la superficie del adhesivo, es decir, que no se sobrepasa el tiempo abierto del adhesivo; comprobar en su caso que se utiliza la técnica de doble encolado cuando así lo indique el proyecto.
- > Juntas estructurales: comprobar que no se cubren y se utiliza un sellante de elasticidad duradera.
- > Juntas perimetrales y de partición: comprobar su replanteo, disposición, anchura, profundidad, que no se cubren de adhesivo y que se utiliza material elástico para su relleno.
- > Juntas de colocación: comprobar que el tipo de material de rejuntado que se utiliza se corresponde con el especificado en proyecto; comprobar que las juntas se rellenan después de al menos 24 horas desde el embaldosado; comprobar la limpieza y eliminación del material sobrante.

Control del recubrimiento

Una vez concluido el recubrimiento, pavimento o alicatado, se realizarán una serie de controles que permitan asumir la conformidad del recubrimiento acabado. A modo de referencia se incluyen las tolerancias de regularidad dimensional establecidas en el Documento Informativo UNE-CEN/TR 13548:2007 IN "Reglas generales para el diseño y la instalación de baldosas cerámicas". En este sentido se recomienda incluir estas tolerancias como una especificación en el proyecto y se comunicará al Constructor, y éste al Instalador, el criterio de aceptación aplicable.

Se recuerda que si el pavimento está afectado por la exigencia de delimitar el riesgo de caídas por resbaladividad, la clase de resistencia al deslizamiento que corresponda reglamentariamente se debe mantener durante la vida útil del pavimento.

Comprobación final de la regularidad dimensional

Control	Valores de referencia para aceptación
desviación de planeidad del revestimiento	la desviación entre dos baldosas adyacentes no debe exceder de 1mm desviación máxima medida con regla de 2m no debe exceder de $\pm 3\text{mm}$
alineación de juntas de colocación	diferencia de alineación de juntas, medida con regla de 1m. No debe exceder de $\pm 2\text{mm}$
horizontabilidad del pavimento	Tolerancia: $\pm L/600$, siendo L la distancia en mm entre los puntos fijados. (Método: utilizar cualquier tipo de nivel, agua, óptico, láser, etc.)

TABLA 3.23. Comprobación final de la regularidad dimensional.

Comprobación final del aspecto superficial, limpieza y protección del recubrimiento

Control	Condiciones de aceptación
aspecto superficial en pavimentos en obra	comprobar que no se aprecian cambios de color, tono o brillo significativos, manchas, destonificaciones.
limpieza final y protección	comprobación de ausencia de manchas (yeso, pintura, etc.) y, en su caso, se han adoptado medidas de protección

TABLA 3.24. Comprobación del aspecto superficial, limpieza y protección del recubrimiento.

Patologías

Descripción de los posibles síntomas y daños en recubrimientos cerámicos

- Debidas a una deficiente ejecución
- Debidas a una inadecuada selección del producto o
de la técnica de colocación
- Debidas a fallo del producto

Medidas preventivas

Un estudio⁽¹⁾ reciente sobre el análisis de las sentencias judiciales referidas a denuncias por defectos en recubrimientos cerámicos, tomando como base del estudio las sentencias dictadas en los últimos diez años en España, concluye que en un 80% de los casos las manifestaciones patológicas denunciadas se corresponden con desprendimientos o roturas; fisuras, alineación de juntas irregulares o deficiente; levantamiento o abombamiento.

Estudiando el origen de las causas se observa que:

- > Rara vez son debidas al producto.
- > En algunas ocasiones son debidas a una inadecuada selección del producto o del sistema de colocación y/o de los materiales de agarre y rejuntado o, en su caso, a la falta de previsión y disposición de juntas de movimiento.
- > En la mayor parte de las veces son debidas a una mala ejecución en la colocación del recubrimiento cerámico.

Descripción de los posibles síntomas y daños en recubrimientos cerámicos

En las TABLAS 3.25, 3.26 y 3.27 se describe una relación de lesiones y síntomas de deterioro, que no pretende ser exhaustiva, se recogen las más significativas con sus condicionantes y causas y, en su caso, se añade información para prevenir su manifestación.

⁽¹⁾ Análisis de la problemática asociada a las limitaciones de los actuales métodos de instalación de las baldosas cerámicas. 2007. ITC-AICE, Dpto. Construcciones Arquitectónicas Universitat Jaume I, Escuela de Arquitectura de la Universidad Internacional de Barcelona.

Debidas a una deficiente ejecución

Síntoma	Localización	Causa probable	Prevención
desprendimientos o roturas	alicatados y pavimentos	- Incompatibilidad tipo de baldosa con material de agarre - Incompatibilidad material de agarre con el soporte - Ausencia de juntas de movimiento (estructurales o perimetrales o de partición) - Deformabilidad del soporte - Saturación de agua de la baldosa - Reverso de la baldosa o superficie de colocación sucio - Insuficiente macizado de las baldosas - Colocación de las baldosas con el tiempo abierto del adhesivo sobrepasado - No seguir instrucciones del fabricante del material de agarre - Condiciones climatológicas adversas	- Controlar el estado de la superficie de colocación (limpieza, humedad, cohesión, etc.) - Seguir la instrucciones del fabricante de los morteros y adhesivos - Selección de sistema de colocación y/o material de agarre según uso, tipo de soporte, tipo de baldosa y dimensión (véanse Tablas C de la Guía de la Baldosa Cerámica) - Prever juntas perimetrales y de partición en su caso - En exteriores o en condiciones de soleamiento o corrientes de aire utilizar adhesivo con el tiempo abierto ampliado - Utilización de la técnica de doble encolado en exteriores y baldosa de formato > 1200m²
levantamientos o abombamientos (El reverso de la baldosa se presenta con material de agarre adherido)	alicatados y pavimentos grupos de baldosas alineadas	- Deformabilidad del soporte - Ausencia de juntas de movimiento (estructurales o perimetrales o de partición) - Incompatibilidad tipo de baldosa con material de agarre - Incompatibilidad material de agarre con el soporte	- Prever capa de desolidarización - Disposición de juntas de movimiento - Utilización preferente de baldosas que no sean de gran formato y junta de colocación generosa - Utilización de adhesivos con la característica adicional de deformabilidad
fisuras	alicatados y pavimentos	Véase el cuadro siguiente de patologías por inadecuada selección del sistema de colocación y material de agarre	Véase el cuadro siguiente de patologías por inadecuada selección del sistema de colocación y material de agarre
deficiente regularidad dimensional	alicatados y pavimentos - Desviaciones de horizontabilidad o verticalidad - Cejas entre baldosas adyacentes >1mm - Deficiente alineación de las juntas de colocación	Deficiente colocación. La sintomatología se enfatiza en revestimientos sin junta de colocación	- Implementar autocontrol del instalador - Gestión de acopios para utilizar baldosas del mismo calibre por recinto - Colocación con junta de colocación ≥1,5mm
defectos de rejuntado	alicatados y pavimentos Discontinuidades en el rejuntado, fisuras, decoloración, pérdida de material, oscurecimiento, restos de material de rejuntado	Falta de limpieza de las juntas; mezcla, amasado y aplicación del producto inadecuado sin seguir instrucciones del fabricante	- Implementar autocontrol del instalador - Limpieza previa de las juntas - Seguir las instrucciones del fabricante en la mezcla y aplicación del material de rejuntado - Realizar el rejuntado después de al menos 24h desde el embaldosado - Evitar un secado rápido - Proteger el pavimento una vez rejuntado y limpiado

TABLA 3.25. Descripción de los posibles síntomas y daños debidos a una deficiente ejecución.

Debidas a una inadecuada selección del producto o de la técnica de colocación

Síntoma	Localización	Causa probable	Prevención
fisuras longitudinales aisladas sin problemas de adherencia	alicatados fisura o fractura en una única baldosa o en varias baldosas consecutivas o alineadas en una dirección	Asociadas a causas externas: - Asentamiento de elementos estructurales - Longitudina de hoja de cerramiento o divisiones longitudinales - Tensiones por corrosión de armaduras. - Golpes o impactos	- En zonas con riesgo de deformabilidad prever la colocación de mallas de refuerzo - Disposición de juntas de movimiento - Utilización preferente de baldosas que no sean de gran formato y junta de colocación generosa - Utilización de adhesivos con la característica adicional de alta deformabilidad
fisuras longitudinales, aleatorias o dibujando figuras poligonales	pavimentos	- Retracción por secado de la capa de nivelación - Retracción por secado de la humedad de la capa de arena. - Compresibilidad de capas intermedias, por ej. capa aislante - Deformación excesiva de forjados. - Presencia de huecos debajo de la baldosa	- Prever juntas perimetrales y, en caso, de partición. - Evitar capa de arena, en su caso, sustituir por gravilla - Prever capa de desolidarización - En losa flotante sobre capa de material aislante especificar espesor mínimo de la losa y, en su caso, disposición de mallazo
cambios de aspecto superficial	pavimentos cambios de color y/o brillo de la superficie de las baldosas sobre todo en las zonas del pavimento de mayor tránsito	- Ausencia de especificación de las características relacionadas con el uso. - Inadecuada selección del producto en función del uso. - Ausencia de control de recepción de obra para comprobar que se cumple la especificación	selección de baldosa según uso (por ej. aplicando código de baldosa de la Guía de la Baldosa Cerámica)
desprendimientos y/o roturas (el reverso de la baldosa se presenta con material de agarre adherido)	alicatados y pavimentos grupos o baldosas aisladas	- Inadecuada selección del sistema de colocación - Inadecuada selección del material de agarre - Ausencia de juntas de movimiento (estructurales o perimetrales o de partición)	selección de sistema de colocación y/o material de agarre según uso, tipo de soporte, tipo de baldosa y dimensión (véanse Tablas C de la Guía de la Baldosa Cerámica)
levantamientos o abombamientos (el reverso de la baldosa se presenta con material de agarre adherido)	alicatados y pavimentos grupos o baldosas aisladas	- Deformabilidad del soporte - Ausencia de juntas de movimiento (estructurales o perimetrales o de partición) - Inadecuada selección del sistema de colocación - Inadecuada selección del material de agarre	en soportes sensibles a la deformación debe preverse en proyecto: - Capa de desolidarización - Disposición de juntas de movimiento - Utilización preferente de baldosas que no sean de gran formato y junta de colocación generosa - Utilización de adhesivos con la característica adicional de deformabilidad
inseguridad al caminar, sensación de resbaladidad	pavimentos pavimentos cerámicos en la mayor parte de los casos con superficie mojada pavimentos consecutivos con clases de resistencia al deslizamiento diferentes	- Ausencia de la especificación en proyecto según DB SU 1 del Código Técnico de la Edificación - Ausencia de control de recepción de obra para comprobar que se cumple la especificación	utilizar baldosas que satisfagan la exigencia de resbaladidad de suelos del CTE DB SU 1 el proyectista valorará la conveniencia de aplicar la exigencia en uso residencial

TABLA 3.26. Descripción de los posibles síntomas y daños debidos a una inadecuada selección del producto o la técnica de colocación.

Síntoma	Localización	Causa probable	Prevención
desconchados (pérdida de material de forma concoide desde uno a varios cráteres por baldosa)	pavimentos en ocasiones se manifiestan en las proximidades de las juntas de colocación (zonas de mayor imbibición de las baldosas)	los desconchados se asocian a la acción de la helada en revestimientos exteriores	- Selección de baldosas que satisfagan el ensayo de heladicidad (UNE-EN ISO 10545-12) y con absorción de agua <3% - Disposición de juntas de dilatación para evitar que el revestimiento fisure y permita la entrada de agua - Selección de sistema de colocación en capa fina con utilización de adhesivo C2 y material de rejuntado CG2
defectos de rejuntado	alicatados y pavimentos discontinuidades en el rejuntado, fisuras, cambios de color, pérdida de material, oscurecimiento	inadecuada selección del material de rejuntado	- Selección de material de rejuntado apropiado (Véase Tabla D de Guía Baldosa Cerámica) - Disposición de juntas perimetrales y, en su caso, de movimiento

TABLA 3.26. Descripción de los posibles síntomas y daños debidos a una inadecuada selección del producto o la técnica de colocación (continuación).

Debidas a fallo del producto

Síntoma	Localización	Causa probable	Prevención
aspecto heterogéneo en la superficie del paño (destonificaciones, manchas, humedad, etc.)	alicatados y pavimentos falta de uniformidad del aspecto visual, más o menos generalizado, manifestado en cambios de tono, color, brillo, textura	variaciones de uniformidad en la cara vista de las baldosas producidas en el proceso de fabricación de las baldosas	- Intensificar el autocontrol del fabricante con criterios de rechazo más exigentes - Gestión de acopios para utilizar baldosas de la misma remesa por recinto
- Deficiente alineación de las juntas de colocación - Desviaciones de planeidad - Cejas entre baldosas adyacentes >1mm	alicatados y pavimentos defectos dimensionales en paños de pavimentos o alicatado	desviaciones dimensionales debidos a alabeo de baldosas, insuficiente rectitud de lados y otras desviaciones geométricas	- Implementar autocontrol del instalador. - Gestión de acopios para utilizar baldosas del mismo calibre por recinto - Colocación con junta ≥1,5mm
fisuras aleatorias en el esmalte de las baldosas (cuarteo)	alicatados y pavimentos fisuras aleatorias en el esmalte que generalmente afectan a un porcentaje significativo de baldosas	tensiones en la interfase bizcocho-esmalte generadas en el proceso de fabricación que derivan en cuarteo del esmalte	verificar en el control de recepción de obra que las baldosas satisfacen la característica de resistencia al cuarteo (UNE-EN ISO 10545-11)

TABLA 3.27. Descripción de los posibles síntomas y daños debidos a fallo del producto.

Medidas preventivas

Como ya se ha indicado la parte del proceso más crítica o susceptible de producir manifestaciones patológicas es la propia colocación del recubrimiento, por lo tanto, esta parte del proceso debe ser objeto de especial atención.

En las tablas anteriores se han apuntado medidas preventivas asociadas a cada una de las manifestaciones patológicas, sin embargo, no debe olvidarse que el esfuerzo para conseguir la mejora de la calidad compete a todos los agentes intervinientes:

- > Promotor: contratar con **empresas** constructoras que dispongan de sistemas de **aseguramiento de la calidad** o, en el mejor de los casos, que su actividad esté certificada mediante un distintivo de calidad.
- > Constructor: disponer de un sistema de aseguramiento de la calidad, tener establecido un plan de autocontrol y, obviamente, disponer de **alicatadores y soladores cualificados**.
- > Proyectista: **definir** en el plan de control de calidad y en el pliego de condiciones del proyecto: las **características mínimas que deben cumplir los productos** (baldosas, adhesivos, capas de nivelación, láminas de aislamiento, etc.); las características técnicas de los recubrimientos cerámicos, con indicación de **las condiciones para su ejecución** (de las capas intermedias, de la disposición de juntas de movimiento, de la especificación del tipo de adhesivo y material de rejuntado, etc.); las condiciones de acabado y regularidad dimensional del recubrimiento terminado y, en su caso, las verificaciones para comprobar las prestaciones finales del recubrimiento; las instrucciones de uso y mantenimiento de los recubrimientos.
- > Dirección facultativa: elaborar un programa de control de calidad de la ejecución, **potenciando los controles de ejecución** de la instalación y del recubrimiento terminado, dicho aumento en el control externo estará en función del control de producción del contratista o, en su caso el instalador.
- > Fabricantes de productos: aportar la documentación legalmente establecida y técnica que acredite las características del producto o sistema, modo de aplicación, y garantías que ostente.



4

glosario y bibliografía

Acopio

Almacenamiento de las materias primas, apiladas al aire libre o en interior de almacenes.

Aditivo

Sustancia que añadida en pequeñas proporción mantiene las propiedades reológicas de la suspensión dentro de los niveles óptimos para favorecer la operación de esmaltado y para que las superficies esmaltadas, un vez cocidas, presenten el aspecto (textura, uniformidad del color) requeridos.

Alicatado

Sinónimo de recubrimiento cerámico, aunque se suele emplear principalmente para designar al revestimiento.

Arcilla

Material plástico constituido por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedente de la descomposición de rocas que contienen originalmente feldespatos, y que muestra coloraciones diversas según las impurezas que contiene.

Arcilla illítica

Tipo de arcilla plástica, no expansiva (no sufre grandes cambios de volumen en presencia de humedad), fundente y coloreada por tener altos contenidos de hierro.

Atomización

Proceso de secado automático y continuo de una barbotina.

Barbotina

Suspensión acuosa.

Bicocción

Sistema productivo que consta de una primera cocción del soporte, seguida de una segunda cocción del soporte esmaltado y decorado.

Bizcocho

Soporte cerámico cocido sin esmaltar.

Coeficiente de dilatación

Cociente que expresa el cambio relativo de longitud de un material producido por un incremento de temperatura determinado.

Conformado

Proceso empleado para dar forma determinada a una pieza.

Desfloculante

Tipo de aditivo que dispersa los aglomerados de partículas para formar suspensiones más fluidas, por ejemplo, silicato sódico, carbonato sódico, tripolifosfato, etc.

Desgrasante

Material no plástico.

Engobe

Capa de interfase aplicada entre el soporte y el esmalte de una baldosa cerámica, de naturaleza química intermedia entre ambos, y que favorece el acoplamiento entre ellos.

Era

Lugar plano situado al aire libre y utilizado para mezclar diferentes tipos de arcillas.

Esmaltado

Proceso por el que se aplica una o varias capas de esmalte sobre la superficie del soporte de la pieza.

Esmalte

Capa delgada y continua de naturaleza vítrea o vitrocrystalina obtenida a partir de mezclas de materias primas que funden sobre un soporte.

Frita

Vidrio insoluble, preparado previamente mediante fusión completa de sus materias primas originales y enfriamiento rápido, usado como materia prima en la formulación de esmaltes. Término que proviene del concepto "material frito o fundido" y que mantiene la misma terminología en todos los idiomas: Fritta en italiano, Fritte en francés, Frit en inglés, etc.

Granilla

Partícula de frita obtenida por trituración en seco, que se aplica sobre piezas esmaltadas antes de la cocción, con fines tanto técnicos como estéticos.

Gránulo

Aglomerado esférico obtenida en seco por granulación o reblandecimiento térmico de esmaltes, que se aplica sobre piezas esmaltadas antes de la cocción, con fines tanto técnicos como estéticos.

Gránulo de atomizado

Aglomerado esférico hueco de partículas arcillosas obtenido en el proceso de secado por atomización.

Ligante

Tipo de aditivo que favorece la cohesión entre partículas.

Molturación

Reducción del tamaño medio de partícula de una materia prima o mezcla de ellas.

Monococción

Sistema productivo que consta de una única cocción de la pieza cerámica (esmaltada o no).

Nebulizar

Transformar un líquido o una barbotina en partículas finísimas que forman un aerosol.

Paramento

Cada una de las superficies de todo elemento constitutivo vertical.

Pavimento cerámico

Baldosas cerámicas utilizadas en recubrimiento de suelos.

Plasticidad

Facilidad de ciertos materiales a ser moldeados cuando son dispersados en agua.

Porosidad

Capacidad de los materiales cerámicos para absorber agua.

Propiedad reológica

Propiedad física que define el movimiento de los fluidos: viscosidad, densidad, etc..

Pulido

Operación mecánica que se realiza en la cara vista de la baldosa para mejorar su tacto (alisado) y su aspecto visual (brillo). Se aplica generalmente en piezas de gres porcelánico, aunque también se emplea en algunas piezas de azulejos y pavimentos de gres.

Recubrimiento

Baldosa cerámica utilizada para alicatar paredes y suelos.

Refractario

Material capaz de soportar altas temperaturas sin sufrir deterioro, por tanto con alto punto de fusión.

Resistencia mecánica

Capacidad de un material para soportar una carga o un impacto.

Revestimiento cerámico

Baldosas cerámicas utilizadas en recubrimiento de paredes

Sinterizar

Producir una pieza de gran resistencia y dureza mediante calentamiento de la misma, sin llegar a su temperatura de fusión.

Suspensión acuosa

Mezcla heterogénea formada por partículas sólidas de pequeño tamaño y no solubles, dispersas en agua.

Suspensionante

Tipo de aditivo que evita la sedimentación en los procesos que tienen lugar vía húmeda.

Tolva de alimentación

Dispositivo destinado a depósito y canalización de materiales en forma de polvo o grano. Generalmente tienen forma cónica y de paredes inclinadas de manera que se cargan por la parte superior y se descargan por la inferior a través de una compuerta.

Trepa

Plantilla de papel encerado recortada con orificios que, situada sobre el azulejo, permite la decoración únicamente en los huecos.

Asignatura de Ingeniería Química:
Balances de materia y energía.

Asignatura de Ingeniería Química:
Preparación de materias primas.

Asignatura de Ingeniería Química:
Propiedades materiales cerámicos.

Asignatura de Ingeniería Química:
Combustión y hornos.

Asignatura de Ingeniería Química:
Procesado de materiales cerámicos.

Curso de formación del ITC: Baldosas
cerámicas. Aspectos técnico-comer-
ciales.

Curso de formación del ITC: Clasi-
ficación, selección e instalación de
baldosas cerámicas.

Curso de formación del ITC: Adi-
tivos en el proceso de producción
cerámica.

Curso de formación del ITC: Sistemas
normalizados de gestión de la I+D+I
(UNE 16600).

Curso de formación del ITC: Compor-
tamiento reológico de suspensiones
de esmaltes y tintas cerámicas.

Curso de formación del ITC: Decora-
ción de productos cerámicos.

Curso de formación del ITC: Vidria-
dos cerámicos.

Curso de formación del ITC: Materias
primas para la industria cerámica.

Curso de formación del ITC: Desarro-
llo de relieves 2D.

Curso de formación del ITC: Desarro-
llo de relieves 3D.

Curso de formación del ITC: Análisis
de tendencias.

Curso de formación del ITC: Técnicas
de determinación de las característi-
cas superficiales de recubrimientos.

Curso de formación del ITC: Fabri-
cación de baldosas cerámicas por
monococción.

Curso de formación del ITC: Técnicas
de impresión digital.

ENRIQUE NAVARRO, J.E.; AMORÓS
ALBARO, J.L.; MONZÓ FUSTER, M.
Tecnología cerámica. Volumen II.
Pastas cerámicas. Valencia: Instituto
de Química Técnica, 1985.

ENRIQUE NAVARRO, J.E.; AMORÓS
ALBARO, J.L.; MONZÓ FUSTER, M.
Tecnología cerámica. Volumen III.
Tecnología de la fabricación cerámi-
ca. Preparación de pastas y procesos
de formación de pieza. Valencia:
Instituto de Química Técnica, 1985.

ENRIQUE NAVARRO, J.E.; NEGRE
MEDALL, F. Tecnología cerámica.
Volumen V. Esmaltes cerámicos. Va-
lencia: Instituto de Química Técnica,
1985.

ESCARDINO BENLLOCH, A.; GON-
ZÁLEZ CUDILLEIRO, M. (COORD.)
Azulejos y pavimentos cerámicos
españoles. [Castellón]: AICE, [1991].

Guía de la baldosa cerámica. 5ª ed.
Valencia: Instituto Valenciano de la
Edificación, 2006.

CLAUSELL SEBASTIÁ, A.; GALINDO
RENAU, R. Apuntes de operaciones
básicas en la fabricación de pavimen-
tos y revestimientos cerámicos: 2º
curso de 2º grado. Valencia: Conse-
lleria de Cultura, Educació i Ciència,
1991.

EMILIANI, G. P.; CORBARA, F.
Tecnologia ceramica: la lavorazione.
Faenza: Faenza Editrice, 1999.

FUGMANN, K.G.; REH, H. How to
produce tiles. Sequence 6: shaping
(Part 1). Tile Brick Int., 6(3), 45-48,
1990.

FUGMANN, K.G.; REH, H. How to
produce tiles. Sequence 10: shaping
(Part 5). Tile Brick Int., 7(4), 248-
253, 1991.

FUGMANN, K.G.; REH, H. How to
produce tiles. Sequence 11: shaping

(Part 6). Drying (Part 1). *Tile Brick Int.*, 8(1), 31-34, 1992.

FUGMANN, K.G.; REH, H. How to produce tiles. Sequence 7: shaping (Part 2). *Tile Brick Int.*, 6(5), 93-95, 1990.

FUGMANN, K.G.; REH, H. How to produce tiles. Sequence 8: shaping (Part 3). *Tile Brick Int.*, 7(1), 47-52, 1991.

GALINDO RENAÚ, R. Pastas y vidriados en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos. Castellón: Faenza Editrice Iberica, 1984.

GIOVANNINI, R. La serigrafía nella ceramica. Scuola Arte Industria. Faenza Editrice Iberica, 1982.

GIOVANNINI, R. Tile fashion and design: vent'anni di progetti e di decorazione nelle ceramiche d'architettura. Faenza: Faenza Editrice, 2002.

HERMANN, R. Wet pressing of whitewares. En: *Ceramic monographs. Handbook of ceramics*. Freiburg: Schmid, part 1.4.4.5., p. 1-2, 1989.

Manual TCA 2008 para la colocación de recubrimientos cerámicos. Anderson, SC (Estados Unidos): Tile Council of North America, 2008.

MOSTETZKY, H. Basic shaping techniques in ceramics. En: *Ceramic monographs. Handbook of ceramics*. Freiburg: Schmid, part 1.4.1., p. 1-4, 1982.

PORCAR, J.L. Manual-guía técnica de los revestimientos y pavimentos cerámicos. Castellón: Diputación, Instituto de Tecnología Cerámica, 1987.

REH, H. How to produce tiles. Sequence 9: shaping (Part 4). *Tile Brick Int.*, 7(3), 179-182, 199.

TIMELLINI, G.; PALMONARI, C. Le piastrelle di ceramica nell'architettura urbana: manuale applicativo. Saussolo (Italia): Edi.Cer Spa, 2004.

AS 3958-2:1992. Ceramic tiles. Part 2: guide to the selection of a ceramic tiling system.

UNE-EN 12430:1999 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento bajo cargas puntuales. (Leer con: UNE-EN 12430:1999/A1:2008).

NF P75-301:1987. Isolants thermiques de bâtiment manufacturés - Plaques et panneaux - Mesure de la compressibilité à température ambiante sous charge constante.

UNE-EN 13914-1:2006. Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 1: Revoco exterior.

UNE-EN 13914-2:2006. Diseño, preparación y aplicación del revoco exterior y del enlucido interior. Parte 2: Diseño, consideraciones y principios esenciales para enlucidos interiores.

UNE-EN 998-1:2003. Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido. (Leer con: UNE-EN 998-1:2003/AC:2006).

DIN 18560-1:2004 Floor screeds in building construction. Part 1: General requirements, testing and construction. (Leer con: DIN 18560-1/A1:2008).

DIN 18560-2:2004 Floor screeds in building construction. Part 2: Floor screeds and heating floor screeds on insulation layers. (Leer con: DIN 18560-2/A1: 2008).

DIN 18560-3:2006 Floor screeds in building construction. Part 3: Bonded screed.

DIN 18560-4:2004 Floor screeds. Part 4: Screeds laid on separated layer.

DIN 18560-7:2004 Floor screeds. Part 7: Heavy-duty screeds (industrial screeds).

UNE-EN 13318:2001 Materiales para revestimientos continuos y revestimientos continuos. Definiciones.

UNE-EN 13813:2003 Pastas autonivelantes y pastas autonivelantes para suelos. Pastas autonivelantes. Características y especificaciones.

NTE-RSS/1973 Revestimientos de suelos: soleras.

UNE-EN 14891:2008 Membranas líquidas de impermeabilización para su uso bajo baldosas cerámicas. Requisitos, métodos de ensayo, evaluación de la conformidad, clasificación y designación. (Leer con: UNE-EN 14891:2008/AC:2008).

UNE-EN 14411:2007 Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y marcado.

UNE-EN 13139:2003 Áridos para morteros. (Leer con: UNE-EN 13139/AC:2004).

UNE-EN 13055-1:2003 Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado. (Leer con: UNE-EN 13055-1/AC:2004).

UNE-EN 197-1:2000 Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes. (Leer con: UNE-EN 197-1:2000/A1:2005, UNE-EN 197-1:2000/A3:2008, UNE-EN 197-1:2002 ERRATUM, PNE-EN 197-1:2000/prA2).

UNE-EN 197-2:2000 Cemento. Parte 2: Evaluación de la conformidad. (Leer con: UNE-EN 197-2:2002 ERRATUM).

UNE-EN 413-2:2006 Cementos de albañilería. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE 80309:2006 Cementos naturales. Definiciones, clasificación y especificaciones de los cementos naturales.

UNE 80300:2000 IN Cementos. Recomendaciones para el uso de los cementos.

UNE 80305:2001 Cementos blancos.

UNE 80307:2001 Cementos para usos especiales.

UNE 80304:2006 Cementos. Cálculo de la composición potencial del clinker pòrtland.

UNE-EN 459-1:2002 Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad. (Leer con: UNE-EN 459-1/AC:2002).

UNE-EN 459-2:2002 Cales para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 459-3:2002 Cales para la construcción. Parte 3: Evaluación de la conformidad.

UNE-EN 998-2:2004 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 2: Morteros para albañilería.

UNE-EN 12004:2001 Adhesivos para baldosas cerámicas. Definiciones y especificaciones. (Leer con: UNE-EN 12004/A1:2002).

UNE-EN 12004:2008 Adhesivos para baldosas cerámicas. Requisitos, evaluación de la conformidad, clasificación y designación.

UNE-EN 13888:2003 Material de rejuntado para baldosas cerámicas. Definiciones y especificaciones.

UNE-EN 12430:1999 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento bajo cargas puntuales. (Leer con: UNE-EN 12430:1999/A1:2008).

NF P75-301:1987 Isolants thermiques de bâtiment manufactures. Plaques et panneaux. Mesure de la compressibilité à température ambiante sous charge constante.

UNE-EN 1606:1997 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la fluencia a compresión. (Leer con: UNE-EN 1606:1997/A1:2008).

UNE-EN 29052-1:1994 Acústica. Determinación de la rigidez dinámica. Parte 1: materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas.

UNE-EN 12431:1999 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del espesor de los productos de aislamiento de suelos flotantes.

COORDINACIÓN:
Instituto de Tecnología Cerámica

AUTORES:

Capítulo I GENERALIDADES

Capítulo II TIPOS DE BALDOSAS CERÁMICAS Y PIEZAS ESPECIALES

*Estos dos capítulos se han basado en la información generada por
ITC durante cuarenta años de labor investigadora.*

Han participado:

Batalla Soriano, Pau
Bou Solsona, Encarnación
Cantavella Soler, Vicente
Escudero Navarro, Susana
Mezquita Martí, Ana
Mira Peidro, Fco. Javier
Muñoz Lázaro, Adoración
Orts Tarí, María José
Quereda Vázquez, M^a Francisca
Silva Moreno, Gonzalo

Capítulo III PROYECTO Y PUESTA EN OBRA

INSTALACIÓN POR ADHERENCIA

Porcar Ramos, José Luís

ESPECIFICACIONES EN PROYECTO, CONTROL DE OBRA Y PATOLOGÍAS

Gallego Navarro, Teresa

Palancia Guillem, Juan José

Pitarch Roig, Ángel Miguel

DISEÑO GRÁFICO:

Ariño Valero, Pilar

Esteller Llorach, María

ILUSTRACIONES Y TABLAS:

Bartolomé Álvaro, Miguel

Forcadell García, Oscar

Llorens Colera, Miguel

SELECCIÓN FOTOGRÁFICA:

Rodríguez Vives, Silvia



Instituto de Tecnología Cerámica



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

www.ceramicadeespaña.es

ASCER
Ginjols, 3
12003 Castellón

Tel.: +34 964 727 200

Fax: +34 964 727 212

global@ascer.es