

Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución

Óscar Jaime Restrepo Baena



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución

© Óscar Jaime Restrepo Baena

© Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

© Centro Editorial Facultad de Minas

Comité editorial

John Willian Branch Bedoya

Hernán Darío Álvarez Zapata

Jaime Aguirre Cardona

Oscar Jaime Restrepo Baena

Juan David Velásquez Henao

Renzo Ramírez Bacca

Primera edición, Medellín, 2011

ISBN 978-958-????? (Rústico)

ISBN 978-958-????? (Web)

Carátula

Ilustraciones y fotos del autor

Centro Editorial Facultad de Minas

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

Carrera 80 No. 65-223 Bl. M4

Teléfono: 574 - 425 53 43

http://www.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=90

Medellín, Colombia, 2011

Impresión

Todográficas Ltda.

Carrera 72 No. 45 E 128

Teléfono: 57-4 - 412 86 01

todograficas@une.net.co

Impreso y hecho en Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	13
PRIMERA PARTE: BALDOSAS CERÁMICAS	15
1. GENERALIDADES SOBRE LAS BALDOSAS CERÁMICAS	17
1.1 Breve historia del recubrimiento cerámico	17
1.2 Aspectos técnicos fundamentales	18
2. ETAPAS DE FABRICACIÓN	20
2.1 Propiedades de las baldosas cerámicas (bc)	21
3. CARACTERÍSTICAS DE LAS BALDOSAS CERÁMICAS	21
3.1 Generalidades	21
3.2 Tipos de baldosas cerámicas	22
3.2.1 Definición	23
3.2.2 Clasificación según normativa	23
3.2.3 Tipos de baldosas cerámicas	25
3.2.4 Formas y medidas especiales	32
3.3 Técnicas de colocación de las bc	34
3.3.1 La colocación en capa gruesa	35
3.3.2 La colocación en capa fina	35
4. PROCESO DE FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS	36
4.1 Introducción	36
4.2 Preparación de las materias primas	37
4.2.1 Molienda por vía seca o por vía húmeda	37
4.2.2 Molienda por vía húmeda y secado de la composición por atomización	37
4.2.3 Amasado	40
4.2.4 Conformación de las piezas	40
4.2.5 Cocción o cocciones, con o sin esmaltado	42
4.2.6 Fritas: naturaleza, ventajas, composición y fabricación	43
4.2.7 Esmaltes: preparación y aplicación. Decoración	45
4.2.8 Cocción de las piezas	46
4.2.9 Tratamientos adicionales	48
4.2.10 Clasificación y embalado	48

5	CLASIFICACIÓN DE LAS BALDOSAS CERÁMICAS	48
5.1	Clasificación de baldosas cerámicas según su uso	48
5.1.1	Características dimensionales	49
5.1.2	Características mecánicas	50
5.1.3	Características adicionales	53
5.1.4	Características técnicas comunes a todos los usos	53
5.2	Selección de baldosas cerámicas	55
5.2.1	Obtención del código de local	56
5.2.2	Obtención del código de baldosa	58
5.2.3	Elección del tipo de baldosa	58
5.3	El uso y mantenimiento de bc	61
5.3.1	Limpieza inicial al finalizar la obra	61
5.3.2	Tratamientos superficiales de impermeabilización	62
5.3.3	Uso y mantenimiento habitual de embaldosado cerámico	62
5.3.4	Limpieza extraordinaria de manchas e incrustaciones	63
5.4	Métodos de ensayo	64
5.4.1	Determinación de las características dimensionales	64
5.4.2	Determinación de la resistencia a la flexión	65
5.4.3	Determinación de la resistencia a la abrasión superficial	65
5.4.4	Determinación de la resistencia a la abrasión profunda	66
5.4.5	Determinación de la expansión por humedad usando agua hirviendo	66
5.4.6	Determinación de la resistencia al cuarteo. Baldosas esmaltadas	66
5.4.7	Determinación de la resistencia química	67
5.4.8	Determinación de la resistencia al deslizamiento	68
5.4.9	Determinación de la resistencia al rayado superficial según Mohs	68
5.4.10	Determinación de la resistencia a las manchas	68
5.4.8	Determinación de la adherencia del material de agarre	70
5.5	Caso de aplicación: fricción y desgaste de baldosas cerámicas	70
	SEGUNDA PARTE: GRES PORCELÁNICO	73
6	GRES PORCELÁNICO	75
6.1	Introducción	75
	Aspecto	76
	Uso	76
	Últimas tendencias del gres porcelánico	76
	Porcelanato	76
6.2	Aspectos fundamentales del gres porcelánico	78

6.3	Antecedentes	85
6.3.1	¿Qué es un gres porcelánico?	85
6.3.2	Características técnicas del gres porcelánico	86
6.3.3	Tendencias económicas del gres porcelánico	87
6.3.4	Otros aspectos de interés	88
6.4	Proceso de fabricación del gres porcelánico	90
6.4.1	Ciclo de producción	90
6.4.2	Materias primas	90
6.4.3	Preparación del polvo	91
6.4.4	Prensado	92
6.4.5	Secado	92
6.4.6	Cocción	92
6.4.7	Selección	94
6.4.8	Técnicas de decoración y esmaltado del gres porcelánico	94
	BIBLIOGRAFÍA	103
	ÍNDICE TEMÁTICO	107
	ÍNDICE ONOMÁSTICO	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de los procesos de fabricación considerados	36
Figura 2.	Procesos de conformado de materias primas	38
Figura 3.	Esquema del proceso de secado por atomización.	39
Figura 4.	Proceso de fritado	43
Figura 5.	Ciclo de cocción	46
Figura 6.	Horno de cocción	47
Figura 7.	Diagrama de obtención de código de baldosa	49
Figura 8.	Diagrama de selección de BC.	56
Figura 9.	Diagrama ternario arcilla - feldespato - sílice	88
Figura 10.	Diagrama de gresificación	89
Figura 11.	Ciclo de producción del gres porcelánico	90
Figura 12.	Curva de cocción industrial para la fabricación de gres porcelánico	93
Figura 13.	Esquema de decoración de la masa	96
Figura 14.	Esquema de decoración penetrante	96
Figura 15.	Esquema de decoración de la masa en superficie	97
Figura 16.	Esquema de decoración con serigrafía superficial	97
Figura 17.	Esquema de decoración mediante calcomanía	98
Figura 18.	Esquema de esmaltado y decoración tradicional	98
Figura 19.	Esquema de esmaltado en seco por prensa	99
Figura 20.	Árbol tecnológico y principales fabricantes de sistemas de chorro de tinta.	100

LISTA DE TABLAS




Tabla 1.	Grupos normalizados de baldosas cerámicas	24
Tabla 2.	Tipos de baldosas cerámicas	26
Tabla 3.	Características dimensionales	51
Tabla 4.	Características mecánicas	52
Tabla 5.	Características adicionales	54
Tabla 6.	Características comunes de las B.C.	54
Tabla 7.	Clasificación de las B.C.	55
Tabla 8.	Obtención de tipos de baldosa según códigos	59
Tabla 9.	Mantenimiento de las BC.	64
Tabla 10.	Resistencia química de las BC.	67
Tabla 11.	Resistencia a manchas de las BC.	69
Tabla 12.	Métodos de limpieza de las BC.	69
Tabla 13.	Clasificación de las manchas en las BC.	70
Tabla 14.	Clasificación del gres porcelánico de acuerdo con la norma ISO 13006-NTC 919	79
Tabla 15.	Clasificación de los recubrimientos cerámicos según la absorción de agua	85
Tabla 16.	Características técnicas del gres porcelánico	86
Tabla 17.	Requisitos de resistencia a la flexión y resistencia a la abrasión	86

PRESENTACIÓN

El trabajo con los materiales cerámicos ha acompañado al hombre desde épocas remotas y los productos cerámicos han evolucionado paralelamente a él. Así mismo, se han hecho importantes adelantos desde el punto de vista científico y tecnológico para soportar la fuerte demanda que hace la sociedad de este tipo de materiales. Prueba de ello es la permanente evolución y los nuevos productos que se encuentran en el mercado, respondiendo siempre de manera adecuada a las altas exigencias del mundo actual. Las baldosas cerámicas no son la excepción a esta afirmación y, aunque se trata de un producto cerámico muy tradicional y antiguo, hoy en día las diferentes variedades de baldosas son la prueba palpable de que las novedades no se han agotado y se podrán seguir obteniendo cambios y novedades que respondan a las nuevas exigencias de la vida moderna.

El trabajo que aquí se presenta parte, entonces, de las premisas arriba anotadas. Se trata de mostrar cómo un producto tan común y tan conocido como la baldosa cerámica no se ha quedado invariable y estancado en cuanto al diseño y operación, a medida que pasa el tiempo, sino que, por el contrario, cada día sorprende en cuanto a materiales, funcionalidad y diseño, y que se podrán seguir esperando muchas más novedades al respecto. Por eso se habla de “un mundo en permanente evolución”.

El aporte de este trabajo no sólo está en la recopilación de la literatura científica existente de manera dispersa, sino en la actualización de las técnicas y tecnologías más utilizadas en la actualidad en el tema de las baldosas cerámicas. Así mismo, en lo tocante al tema del gres porcelánico, se presentan las tecnologías más modernas en cuanto a producción y decoración, como es el caso de la decoración digital por chorro de tinta (*Ink Jet*).

Actualmente no existe en Colombia un texto que recoja todos estos temas de manera unificada. Por lo tanto, se propone que este trabajo llene este vacío, no solamente para su uso en el mundo académico, para el trabajo con los estudiantes de ingeniería que han elegido el área de los materiales cerámicos como línea de profundización, sino también como apoyo a la industria cerámica nacional como un texto de consulta y referencia.

Este libro se ha construido a partir de las experiencias de investigación recogidas por el autor a través de los diferentes proyectos adelantados en su quehacer en la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, y con el soporte del Grupo de Cerámicos y Vítreos y el Instituto de Minerales-CIMEX. Así mismo, debe destacarse el apoyo y soporte de diferentes empresas nacionales e internacionales que han permitido al autor recoger información y tomar apuntes sobre los procesos productivos y los adelantos e innovaciones en el sector. En cuanto al soporte académico, es invaluable el apoyo del profesor Juan Bautista Carda Castelló, de la Universidad Jaime I de Castellón, España, quien ha facilitado la realización de diferentes pasantías y proyectos de investigación conjuntos, los cuales han aportado experiencias significativas no sólo al autor sino, igualmente, a los estudiantes de postgrado y pregrado que lo han acompañado en esta labor, especial mención al ingeniero Carlos Mario Ríos, quien brindó al autor abundantes ideas que se reflejan en el presente trabajo.

El autor destaca todo el apoyo recibido por la administración de la Facultad de Minas por la concesión de un año sabático, el cual se destinó completamente a la configuración de este libro.

Finalmente, todo el amor para Gusa, Pablo y Sara, quienes tuvieron la paciencia y la comprensión para aguantar tantas ausencias.

Medellín, agosto de 2010.

1

BALDOSAS
CERÁMICAS

1. Generalidades sobre las baldosas cerámicas

1.1 Breve historia del recubrimiento cerámico

La historia de los recubrimientos cerámicos está relacionada con el eterno deseo del hombre de combinar la belleza con la utilidad y se remonta a los principios de la civilización. Egipto, China y Babilonia han sido nombradas por múltiples historiadores como las localidades en donde surgieron las artes cerámicas.

Los recubrimientos cerámicos fueron usados en Egipto muchos siglos antes de la época de Cristo. Arqueólogos han excavado en el valle del Nilo y han encontrado piezas de recubrimientos y lozas esmaltadas y cocidas, estimándose su antigüedad entre los 12 000 y los 18 000 años.

Las más antiguas raíces de los recubrimientos cerámicos han sido encontradas en los valles del Tigris y el Eufrates, en donde los Babilonios y los Asirios gobernaron desde el año 2300 hasta el 600 antes de Cristo. Majestuosos murales, brillantemente coloreados, de recubrimientos cerámicos y ladrillos engalanaban las fachadas de templos y palacios, así como los puentes y las paredes de las ciudades ancestrales de Khorsabad, Babilonia y Nineveh.

Los Persas, que sucedieron a los Asirios alrededor del año 600 antes de Cristo, continuaron desarrollando el arte del recubrimiento cerámico bajo el liderazgo de Darío I el Grande. Ellos fueron la primera civilización conocida en decorar altamente sus recubrimientos esmaltados y los ladrillos que utilizaron para embellecer sus construcciones.

Los Sarracenos, conocidos actualmente como árabes, salieron de Arabia con la espada y el fuego para conquistar la mayor parte del mundo conocido en esa época. Era un pueblo nómada que vivía en tiendas y llegó a asombrarse con la belleza de los recubrimientos cerámicos en las construcciones Persas. Los Sarracenos, quienes nunca habían sido constructores ni fabricantes de recubrimientos, se convirtieron en grandes decoradores y utilizaron los recubrimientos extensivamente por razones de belleza y durabilidad. Usando a los productores Persas, ellos revivieron el arte del recubrimiento cerámico. Desarrollaron los recubrimientos geométricos, los cuales usaron en un sinnúmero de bellos diseños, patrones y colores. Después de conquistar India, Egipto y todo el norte de África, los Sarracenos establecieron las fábricas de recubrimientos de los Persas en esos países.

Tiempo después, los Sarracenos, también conocidos como Moros, invadieron y conquistaron España, llevando el arte de la fabricación de recubrimientos con ellos y marcando con su estilo los recubrimientos decorados españoles. Una de las más famosas obras de arquitectura en

el mundo, La Alhambra, en Granada, España, fue reconstruida en el siglo XIII utilizando recubrimientos altamente decorados y coloreados en decenas de formas diferentes, adornando casi cada sección de esta construcción y recreando las místicas Noches Árabes.

El comercio vigente en aquellos tiempos entre España e Italia propició la entrada del arte de la fabricación de recubrimientos cerámicos a esta última. Los italianos asimilaron los conceptos, y rápidamente surgieron figuras como Luca della Robbia, cuyo trabajo, inspirado en temas religiosos, aún sigue vigente.

Actualmente, tanto España como Italia, son los máximos exponentes en cuanto a producción, diseño e innovación de la industria cerámica de recubrimientos en el ámbito mundial.

En América, el arte de la fabricación de recubrimientos fue traído por los españoles durante la Conquista y una de sus más importantes expresiones fue la Talavera, México, en donde manualmente eran decorados los recubrimientos con colores vivos e intensos.

1.2 Aspectos técnicos fundamentales

Las baldosas cerámicas se fabrican fundamentalmente con arcillas o arcillas margosas, húmedas o que son mezcladas con agua para someterlas a un proceso de moldeo y cocción.

Materias primas. Las más importantes para la fabricación de artículos cerámicos son los caolines y las arcillas, empleados en forma pura o, con más frecuencia, mezclados con aditivos (desgrasantes, fundentes, plastificantes, colorantes, etc.). El contenido de finos define la plasticidad y otras propiedades de las arcillas. Las arcillas de alta plasticidad contienen un 80%-90% de partículas menores de 0,005 mm y no menos del 60% de partículas menores de 0,001 mm, mientras que en las arcillas de plasticidad moderada hay sólo un 30%-60% de partículas con tamaños de hasta 0,005 mm. Los granos gruesos de polvo (hasta 0,14 mm), mica y arena (0,14 mm-5 mm) disminuyen la plasticidad de las arcillas. En las arcillas puede haber impurezas que reducen la temperatura de fusión (se denominan fundentes). Estas son carbonatos de calcio, feldespato, óxidos e hidróxidos de hierro (Fe_2O_3 - $\text{Fe}(\text{OH})_3$) y otras.

Las inclusiones pétreas de CaCO_3 conducen a la aparición de burbujas y fisuras en los productos cerámicos, puesto que la hidratación de CaO que surge durante la cocción de la cerámica ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$) va acompañada del aumento de su volumen aparente. La impureza del óxido de hierro concede a la arcilla el colorido rojizo.

Materiales desgrasantes. Los aditivos desgrasantes se introducen en la pasta cerámica para disminuir la plasticidad y reducir la retracción al secarla en el aire y en la cochura. Se utilizan: chamota, arcilla deshidratada, arena, cenizas de las centrales eléctricas y escoria granulada.

La chamota es un material cerámico granular (con granos entre 0,14 mm y 2 mm) obtenido triturando la arcilla calcinada previamente a la misma temperatura en que se hace la cochura de los artículos. Puede obtenerse desmenuzando los desechos de ladrillo cocido. Mejora las propiedades de secado y cochura de las arcillas.

La arcilla deshidratada a temperatura de 700 °C-750 °C, añadida en cantidad de 30% – 50%, mejora las propiedades de secado de la materia bruta y el aspecto del ladrillo.

La arena (granos de 0,5 mm-2 mm) se añade en cantidad de 10%-25%; en caso de agregar más arena, decrece la resistencia mecánica y la resistencia al frío de los productos cerámicos.

La escoria granulada (granos de hasta 2 mm) es un desgrasante eficaz para las arcillas durante la producción de ladrillos.

Aditivos quemantes. El aserrín de madera (lignito, desperdicios de las plantas de concentración de hulla, cenizas de centrales eléctricas y lignina) no solo aumentan la porosidad de los artículos cerámicos para paredes, sino que también favorecen una sinterización uniforme de la pasta cerámica. Gracias a esto disminuye el porcentaje de cocción insuficiente. Combinando diferentes aditivos se puede lograr un gran efecto. Por ejemplo, la lignina (el desecho de alcohol metílico) se combina con el aserrín o la hulla, aumentando así la resistencia a la fisuración de los artículos durante el secado y la cocción.

Retracción de la arcilla. Consiste en la reducción de las dimensiones lineales y el volumen de materia bruta de arcilla. La retracción se expresa en tanto por ciento del tamaño inicial del artículo.

La retracción aérea transcurre en el proceso de evaporación del agua a partir de la materia bruta, como consecuencia de la disminución del espesor de las capas acuosas alrededor de las partículas de arcilla, aparición en los poros de la materia bruta de fuerzas de presión capilar, tendientes a acercar las partículas. Al final del secado, aumenta el papel desempeñado por los fenómenos osmóticos y de atracción intermolecular que intensifica la retracción aérea. Para diferentes arcillas la retracción aérea lineal oscila entre: 2% a 3% y 10% a 12%, en función del contenido de las fracciones finas. Para disminuir las tensiones de retracción, se añaden a las arcillas grasas desgrasantes. Las materias tensoactivas introducidas en la pasta arcillosa en cantidad de 0,05%-0,2% mejoran la mojabilidad de las partículas de arcilla por el agua.

La retracción térmica sucede a causa de que en el proceso de cocción los componentes fusibles de la arcilla se funden y las partículas de esta se aproximan en los lugares de contacto. La retracción térmica puede constituir un 2%-8%, en dependencia del tipo de arcilla.

La retracción total, igual a la suma algebraica de las retracciones y térmica, oscila entre 5% y 18%.

2. Etapas de fabricación

Generalmente son:

- Preparación de los elementos constitutivos.
- Amasado.
- Moldeo.
- Secado.
- Cocción.
- Vidriado.

Transición durante la cocción al estado pétreo. En el proceso de cocción a altas temperaturas, la arcilla experimenta cambios físico-químicos profundos. Primero, se evapora el agua libre, luego, se queman las materias orgánicas. A temperaturas de 700 °C-800 °C, tiene lugar la descomposición de la metacaolinita anhidra $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, que se había formado anteriormente (a 450 °C-600 °C) como consecuencia de la deshidratación de la caolinita. Al seguir aumentando la temperatura (900 °C y más), el dióxido amorfo de silicio y el óxido de aluminio se unen de nuevo formando un mineral artificial llamado mullita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). La mullita le proporciona al producto cerámico cocido la resistencia a la absorción de agua, así como resistencia mecánica y térmica. Al formarse la mullita, la arcilla pasa irreversiblemente al estado pétreo. Junto con la formación de la misma, se funden los componentes de fácil fusión de la arcilla, cementando y reforzando el material.

La cocción del ladrillo y otros artículos porosos culmina corrientemente siendo la temperatura igual a 950 °C-1000 °C. El siguiente aumento de la temperatura intensifica la formación y acumulación de la fase líquida (la masa fundida silícea), la cual no sólo cementa las partículas de arcilla, sino también compacta el material cerámico. Como resultado, se obtienen artículos de casco cerámico compacto que se distinguen por tener pequeña higroscopia (menos del 5%).

2.1 Propiedades de las baldosas cerámicas (bc)

Las cualidades estéticas y funcionales de la cerámica han hecho universal su uso en muchos ámbitos de la vida. Su utilización en Arquitectura, con diferentes fines, es muy antigua; uno de los más populares, y que tiene larga y extensa tradición, es el empleo de baldosas cerámicas para revestir suelos y paredes. Europa, España e Italia, principalmente, se destacan en el uso de azulejos y pavimentos cerámicos. Estos países tienen las más altas cifras de consumo de baldosas cerámicas por habitante y año.

3. Características de las baldosas cerámicas

3.1 Generalidades

Diversas son las causas por las que un material tan tradicional y conocido como la baldosa cerámica necesita de una guía para su uso, tanto por circunstancias de la propia industria como de la gestión en el sector de la construcción. Así, entre estas causas, pueden apuntarse:

a) Cambios en la fabricación de baldosa y productos asociados, con una gama amplísima de productos en tamaño, forma, prestaciones y materiales. La aparición de nuevos adhesivos hace más crítica la decisión, por su especialización y también por ser un material de elevado coste.

b) Cambios en la gestión en edificación. Los proyectistas se encuentran con gran diversidad de productos y soluciones, ya sea en baldosa o en otros materiales; los plazos para los proyectos son cortos en muchos casos, lo que dificulta la toma de decisiones. En la ejecución en obra, los plazos breves de construcción pueden llevar a colocación prematura de baldosas, con riesgos de posteriores fallos. Por otro lado, los colocadores, habituados a los métodos tradicionales, deben adaptarse a los nuevos materiales y nuevos procedimientos.

c) Cambios en la demanda de los usuarios, en especial en cuanto a la calidad y responsabilidades. La calidad se deberá entender cada vez más como adecuación al uso, no como calidad intrínseca. Un producto inadecuado para un uso puede serlo para otro menos exigente o colocado de forma distinta. El criterio de usuario y de satisfacción de cliente debe presidir la actuación del sector.

El otro aspecto de demanda de responsabilidad por el usuario se está convirtiendo en un factor determinante en el ejercicio de los profesionales por lo que la actuación de éstos debe contrastarse ya, no solo con su experiencia personal sino también con documentos o sistemas que les guíen y orienten objetivamente.

Por todo lo anterior, la necesidad de información y comunicación especializada aumenta, como instrumento para enfrentarse al cambio tecnológico y para evitar fracasos, cuyo costo en todos los órdenes puede ser elevado.

3.2 Tipos de baldosas cerámicas

Las cualidades estéticas y funcionales de la cerámica han hecho universal su uso en muchos ámbitos de la vida. Su utilización en arquitectura, con diferentes fines, es muy antigua; uno de los más populares, y que tiene larga y extensa tradición, es el empleo de baldosas cerámicas para revestir suelos y paredes.

La península ibérica fue la vía por la que llegaron a Occidente, por manos de los árabes, las técnicas de vidriado de la cerámica. La historia de las baldosas cerámicas españolas empieza a finales del siglo XIII con los alicatados musulmanes y se desarrolla hasta la época actual; a lo largo de ese tiempo, tienen particular brillantez los azulejos de estilo gótico-mudéjar, barroco y modernista.

Dentro de la amplia área de uso de los azulejos y pavimentos cerámicos se destacan España, Italia y Portugal, países que tienen las más altas cifras de consumo de baldosas cerámicas en relación con su población. Este hecho es fácil de entender: la cultura, los hábitos y el clima mediterráneos predisponen al uso de los revestimientos cerámicos. En las viviendas de estos y otros países hay estancias, como las cocinas o los baños, donde predomina la cerámica como revestimiento de suelos y paredes; pero su uso no se queda en esos locales, ni tampoco en las viviendas. Así se explica un consumo que supera los cuatro metros cuadrados de baldosas cerámicas por habitante y año.

Ahora bien, hasta hace todavía unos años, las baldosas cerámicas eran de una limitada variedad y el conocimiento de sus cualidades y de sus posibles usos formaba parte del acervo común. Pero la diversificación de la producción, que ha acompañado a su crecimiento, y el avance tecnológico que permite alcanzar características más altas y, por tanto, el empleo en nuevos usos, hacen difícil aquel conocimiento incluso a los profesionales que ven sus mesas de trabajo invadidas por información sobre estos y otros muchos materiales y técnicas.

Esa nueva situación ha dado lugar a una carencia terminológica, que hace difícil el buen entendimiento y es origen de confusiones. Las denominaciones que se venían utilizando no son suficientes, se emplean con significados diferentes o impropios y se aplican otras sobre las que no hay acuerdo ni concierto. Es frecuente oír o incluso leer en publicidad

pliegos de condiciones o especificaciones de obras, palabras o frases de significado dudoso, indefinido o redundante, como “gres”, “pavimentos cerámicos” o “azulejos esmaltados”.

3.2.1 Definición

Según las normas EN-UNE y las recientes normas ISO, las baldosas cerámicas son placas de poco grosor, generalmente utilizadas para revestimiento de suelos y paredes, fabricadas a partir de composiciones de arcillas y otras materias primas inorgánicas, que se someten a molienda o amasado, se moldean y seguidamente son secadas y cocidas a temperatura suficiente para que adquieran las propiedades requeridas de modo estable.

3.2.2 Clasificación según normativa

Según las normas citadas anteriormente, la clasificación básica de las baldosas cerámicas resulta del método utilizado para su moldeo y de la absorción de agua. El acabado superficial da ulteriores criterios de clasificación.

3.2.2.1 Grupos de baldosas por el método de moldeo

Las baldosas pueden ser moldeadas por extrusión o por prensado en seco. Las baldosas extrudidas forman el grupo A de las normas y las prensadas en seco, el grupo B.

El tipo de moldeo puede generalmente identificarse por observación de la baldosa y particularmente del relieve de su cara posterior. Estos relieves, llamados comúnmente “costillas”, aumentan la superficie de contacto con el adhesivo y, por tanto, la adhesión de las baldosas una vez colocadas.

El relieve de las baldosas extrudidas tiene la forma de estrías longitudinales paralelas, más o menos pronunciadas, conservando las baldosas la misma sección transversal a lo largo de la dirección de las estrías. No incluye generalmente la marca de fábrica, aunque en algún caso se graba en los cantos.

El relieve de las baldosas prensadas en seco se distribuye sin dirección preferente y consiste en puntos o líneas ordenados en forma de cuadrícula, panal u otro diseño, incluso decorativo. En ocasiones imita el estriado de las baldosas extrudidas. Es frecuente que incluya la marca de fábrica y algún signo de control de producción.

3.2.2.2 Grupos de baldosas clasificadas según la absorción de agua

La porosidad de las baldosas cerámicas se expresa por el porcentaje de absorción de agua sobre el peso total de la baldosa, medido según un ensayo normalizado. La porosidad guarda una relación próxima con algunas de las restantes características de las baldosas cerámicas.

Tipos: La absorción de agua hasta el 3% se considera baja (grupo I) y, dentro de ella, hasta el 0,5% muy baja (grupo Ia). Entre 3% y 6%, se considera media-baja (grupo IIa) y entre 6% y 10%, media-alta (grupo IIb). Por encima del 10%, la absorción se considera alta (grupo III).

Reconocimiento: Un sistema rápido para conocer de forma aproximada la absorción de agua e identificar así el grupo y el tipo de producto, consiste en observar la velocidad de succión de la baldosas. Para ello, se deposita una gota de agua sobre una cara no esmaltada y limpia, a temperatura ambiente (entre 15 °C y 25 °C), se espera 20 segundos y se observa el resultado:

Si el soporte succiona el agua en menos de 20 segundos, es baldosa porosa, del grupo III.

Si el soporte no succiona totalmente el agua en 20 segundos y queda mancha de humedad después de secar la gota con un trapo, es una baldosa ligeramente porosa, del grupo IIb.

Si el soporte no succiona el agua en 20 segundos y no queda mancha de humedad después de secar la gota con un trapo, es una baldosa no porosa, de los grupos IIa o I.

Tabla 1. Grupos normalizados de baldosas cerámicas

		Grupo I E ≤ 3%	Grupo IIa 3% < E ≤ 6%	Grupo IIb 6% < E ≤ 10%	Grupo III E > 10 %
Tipo de Moldeo	A Baldosas Extrudidas	Grupo AI Absorción de agua baja (E ≤ 3%).	Grupo AIIa Absorción de agua media baja.	Grupo AIIb Absorción de agua media alta.	Grupo AIII Absorción de agua alta.
	B Baldosas Prensadas en seco	Grupo BIa Absorción de agua muy baja (E ≤ 0,5%).	Grupo BIb Absorción de agua.	Grupo BIII Absorción de agua media alta.	Grupo BIII Absorción de agua alta.
		Grupo BIb Absorción de agua baja (0,5% < E ≤ 3%).			

3.2.2.3 Tipos de acabado superficial

Esmalte.- Es una cubierta vitrificada por cocción y fuertemente adherida a la cara vista del cuerpo o soporte de las baldosas esmaltadas (GL). Tiene composición diferente de la del cuerpo y se aplica entre una primera y una segunda cocción (proceso de bicocción) o antes de una única cocción (proceso de monococción). La cara vista adquiere así la apariencia y las propiedades del esmalte, que pueden ser muy diferentes de las del soporte. En general, el esmalte se distingue fácilmente a simple vista o, al menos, observando una sección de la baldosa.

Las baldosas que no tienen capa de esmalte o baldosas no esmaltadas (UGL) se producen sometiendo el cuerpo, tras su moldeo, a una única cocción. Las caras son de la misma naturaleza y apariencia que el cuerpo.

Engobe.- Es un revoque de arcilla o pasta claras con el que se cubre la cara vista de la baldosa para tapar su color más oscuro. Aunque generalmente se aplica un esmalte sobre el engobe, puede dejarse como acabado superficial, que, tras la cocción, es mate y menos impermeable y duro que el esmalte.

Pulido.- Es un tratamiento que alisa y da brillo reflectante a la cara vista. Es usual en las baldosas de gres porcelánico y ha empezado a usarse en una pequeña cantidad de azulejos y pavimentos de gres.

3.2.3 Tipos de baldosas cerámicas

Los tipos corrientes de baldosas cerámicas se describen a continuación, utilizando las denominaciones más extendidas y teniendo en cuenta criterios objetivos de carácter técnico, arancelario u otros. Sin embargo, debe tenerse presente que estas denominaciones no están normalizadas ni son aceptadas o entendidas por igual, por lo que puede ser necesario hacer precisiones o aclaraciones para evitar malos entendidos, particularmente en los casos en que así se advierte.

Tabla 2. Tipos de baldosas cerámicas

Tipos de Baldosa	Moldeo	Superior	Esmalte	Medidas Usuales (cm)	Grosor Usual (mm)	Grupo norma ISO 13006 UNE G7-087
1. Azulejo	Prensado	Poroso	SÍ	10*10 a 45*60	<10	BIII
2. pavimento de gres	Prensado	No poroso	SÍ	10*10 a 60*60	>8	BIIb-BIIa
3. Gres porcelánico	Prensado	No poroso	No	15*15 a 60*60	>8	BIa
4. Baldosín catalán	Extrudido	Poroso Liger. poroso	No	13*13 a 24*40	<8	AIIb-AIII
5. Gres rústico	Extrudido	No poroso	No-SÍ	11,5*11,5 a 37*37	>10	AI-AIIa
6. Barro cocido	Extrudido	Poroso	No	Gran Variedad	>10	AIIb 2 AIII

En las páginas siguientes se describen los diferentes tipos de baldosas cerámicas, con información sobre sus características, usos más frecuentes, producción, aspecto, clasificación normalizada, etc.

3.2.3.1 Azulejo

Medidas usuales	Grosor Usual	Absorción de agua	Carga de rotura	Abrasión GL	Abrasión UGL	Resistencia a la helada	Resistencia Química
10*10 a 45*60 cm	<10 mm	11 - 15%	300 - 1200 N	Variable	-	Variable	Variable

Denominación y uso: azulejo es la denominación tradicional de las baldosas cerámicas con absorción de agua alta, prensadas en seco, esmaltadas y fabricadas por bicocción o monococción. Sus características los hacen particularmente adecuados para revestimiento de paredes interiores en locales residenciales o comerciales.

El cuerpo: el cuerpo o soporte, llamado bizcocho, es de mayólica (loza fina) de color blanco o claro (ligeramente grisáceo, crema o marfil) 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 apreciables a simple vista granos, inclusiones o poros. Las superficies y aristas son regulares y bien acabadas.

La cara vista: la cara vista esta cubierta por un esmalte vitrificado, que puede ser blanco, monocolor, marmoleado, moteado o multicolor y puede estar decorado con motivos diversos.

Formas y medidas: las formas predominantes son la cuadrada y la rectangular. Se fabrican de muchas medidas, siendo usuales desde 10 cm x 10 cm a 45 cm x 60 cm. Las piezas complementarias usuales son listeles o tiras, molduras y cenefas.

Clasificación normativa: los azulejos están comprendidos dentro del grupo BIII, GL, de las normas ISO y EN-UNE (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua $E > 10\%$, esmaltadas).

3.2.3.2 Pavimento de gres

Medidas usuales	Grosor Usual	Absorción de agua	Carga de rotura	Abrasión GL	Abrasión UGL	Resistencia a la helada	Resistencia Química
10*10 a 60*60 cm	>8 mm	2 - 6%	1000 - 2300 N	Variable	-	Si - No	Variable

Denominación y uso: pavimento de gres 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, conocidas también como pavimento gresificado, pavimento cerámico esmaltado o simplemente pavimento cerámico. Son adecuadas para suelos interiores en locales residenciales o comerciales; las que reúnen las características pertinentes, y en especial la resistencia a la helada o alta resistencia a la abrasión, pueden utilizarse también para revestimiento de fachadas y de suelos exteriores.

El cuerpo: el cuerpo o soporte es de gres (absorción de agua baja) o gresificado (absorción de agua media-baja), de color blanco o claro o de color ocre al 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.

La cara vista: el esmalte de la cara vista, de mate a muy brillante, puede ser blanco, monocolor, marmoleado, moteado, granulado y puede estar decorado con motivos diversos.

Formas y medidas: la forma predominante es la cuadrada desde 10 cm x 10 cm a 60 cm x 60 cm, con variantes de una o más esquinas achaflanadas, aunque también hay piezas rectangulares. Las piezas com-

plementarias usuales son los tacos y los listeles y las especiales más comunes el rodapié, el peldaño y el zanquín.

Clasificación normativa: el pavimento de gres está comprendido dentro de los grupos BIb, GL (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua baja < 3%, esmaltadas) y BII, GL (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua media-baja 3% < 6%, esmaltadas) de las normas ISO y EN-UNE.

3.2.3.3 Gres porcelánico

Medidas usuales	Grosor Usual	Absorción de agua	Carga de rotura	Abrasión GL	Abrasión UGL	Resistencia a la helada	Resistencia Química
15*15 a 60*60 cm	>8 mm	<0,1%	2200 - 5200 N	-	110 - 160 mm ³	Si	Sí

Denominación y uso: gres porcelánico es el nombre generalizado de las baldosas cerámicas con muy baja absorción de agua, prensadas en seco, no esmaltadas y, por tanto, sometidas a una única cocción. Se utilizan para suelos interiores en edificación residencial, comercial e incluso industrial, para suelos exteriores y fachadas y para revestimientos de paredes interiores, en este caso preferentemente con acabado pulido.

El cuerpo: el cuerpo es del color resultante de la adición de colorantes a la masa, con distribución uniforme o granular. Es de textura muy fina y homogénea no siendo apreciables a simple vista elementos heterogéneos. Las superficies y aristas son muy regulares y bien acabadas.

La cara vista: la cara vista es de la misma materia que el cuerpo y puede ser de color plano o uniforme, moteada, marmoleada o decorada. El gres porcelánico puede utilizarse tal como resulta tras la cocción (gres porcelánico mate o natural) o someterse la cara vista a un proceso de pulido, que le da brillo y lisura (gres porcelánico pulido). La cara vista puede tener relieves similares a los de las piedras naturales, con fines decorativos, o en forma de puntas de diamante, estrías, ángulos, con fines antideslizantes, para uso en suelos exteriores o de locales industriales.

Formas y medidas: actualmente predomina la forma cuadrada, pero también se encuentran piezas rectangulares. Las medidas usuales en el mercado van de 15 cm x 15 cm a 60 cm x 60 cm o 40 cm x 60 cm. Como piezas especiales se encuentran peldaños y rodapiés.

Clasificación normativa: el gres porcelánico está comprendido dentro de grupo BIa (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua del 0,5%) de la norma ISO 13006 y UNE 67-087.

Se ha iniciado recientemente la fabricación de piezas moldeadas por extrusión con muy baja absorción de agua y demás características análogas a las del gres porcelánico prensado, por lo que cabe hablar de gres porcelánico prensado. Por su novedad y relativamente baja producción, no se ha segregado todavía un grupo AIa y, por tanto, sigue incluido en el grupo AI aunque cumpliendo muy holgadamente las correspondientes especificaciones.

Existen en el mercado baldosas denominadas de gres porcelánico esmaltado, a las que se da ese acabado con la finalidad de ampliar las posibilidades estéticas del producto. En Italia se utiliza también esa denominación a baldosas de pasta blanca, coloreadas en la masa y esmaltadas, cuyas características son más próximas al tipo de pavimentos de gres.

3.2.3.4 Baldosín catalán

Medidas usuales	Grosor Usual	Absorción de agua	Carga de rotura	Abrasión GL	Abrasión UGL	Resistencia a la helada	Resistencia Química
13*13 a 45*45 cm	>10 mm	1,5 - 6%	2200 - 4500 N	-	240 - 400 mm ³	Si - No	Sí

Denominación y uso: 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 y por tanto sometidas a una única cocción. La producción y el consumo son estables o con suave tendencia a la baja, y como su nombre indica están concentradas en Cataluña, así como en Valencia. 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 cuerpo: el cuerpo 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: la cara vista del baldosín no esmaltado es lisa y del color del cuerpo. 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 de ambiente rural.

Tratamiento superficial: 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.

Formas y medidas: las formas y medidas predominantes son la cuadrada o rectangular, desde 13 cm x 13 cm hasta 24 cm x 40 cm. Pero hay otras muchas formas (hexágonos, octógonos regulares u oblongos, con lados curvilíneos) y gran variedad de piezas complementarias (molduras, escocias, cubrecantos, tiras, tacos) y especiales (peldaños, rodapiés, vierteaguas).

Clasificación normativa: estas baldosas están mayoritariamente comprendidas en los grupos AIIb, UGL (baldosas cerámicas extrudidas, con absorción de agua $6\% < 10\%$, no esmaltadas) y AIII, UGL (baldosas cerámicas extrudidas, con absorción de agua $> 10\%$) de las normas ISO y EN-UNE.

3.2.3.5 Gres rústico

Medidas usuales	Grosor Usual	Absorción de agua	Carga de rotura	Abrasión GL	Abrasión UGL	Resistencia a la helada	Resistencia Química
11,5*11,5 a 24*40 cm	<8 mm	Gran dispersión	500 - 1800 N	-	700 - 900 mm ³	No	Variable

Denominación y uso: gres rústico es el nombre dado a las baldosas cerámicas con absorción de agua baja o media baja y extrudidas, generalmente no esmaltadas. No deben confundirse con los pavimentos de gres de acabado intencionalmente rústico.

Dentro de una producción española relativamente pequeña hay una gran variedad de tipos cuyas 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 dan posibilidades decorativas particulares.

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 extruyendo 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 bronceo disparejo, de efecto muy decorativo; se usan en paramentos, incluso exteriores, pues debe tenerse en cuenta que en suelos, incluso de tránsito poco intenso, pierden esa película.

El cuerpo: el cuerpo es de color ocre a pardo muy oscuro, de textura heterogénea que permite apreciar a simple vista granos, inclusiones, poros y otras irregularidades. Las caras y las aristas pueden tener irregularidades propias de este material, que son aceptadas o incluso intencionales.

Formas y medidas: predominan las formas cuadradas y rectangulares, entre 11 cm x 11 cm y 37 cm x 37 cm, con grosores muy variables según tipos y medidas. Hay algunas piezas complementarias y diversas piezas especiales.

Clasificación normativa: el gres rústico está mayoritariamente comprendido en los grupos AI, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua < 3%, no esmaltadas) o AIIa (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua 3% < 6%, no esmaltadas) de las normas ISO y EN-UNE.

3.2.3.6 Barro cocido

Medidas usuales	Grosor Usual	Absorción de agua	Carga de rotura	Abrasión GL	Abrasión UGL	Resistencia a la helada	Resistencia Química
Gran Dispersión	>10 mm	6 - 15%	2300 - 3200 N	Variable	300 - 800 mm ³	No	Variable

Denominación y uso: barro cocido es la denominación más comúnmente aplicada a gran variedad de baldosas con características muy diferentes, coincidentes solo en la apariencia rústica y en la alta absorción de agua. La producción es limitada, discontinua y muy dispersa y generalmente se fabrican en pequeñas unidades productivas y con medios artesanales. Sus características las hacen especial y casi exclusivamente adecuadas para edificación o locales de búsqueda rusticidad.

El cuerpo: el cuerpo 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.

Tratamiento superficial: 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 (rechazo de manchas, resistencia a productos de limpieza, impermeabilidad).

Clasificación normativa: las baldosas de barro cocido están, en su mayor parte, comprendidas en los grupos AIIb parte 2ª, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua $6\% < 10\%$, parte 2ª, no esmaltadas) y AIII, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua $E < 10\%$, no esmaltadas) de las normas ISO y EN-UNE.

3.2.4 Formas y medidas especiales

Las formas y medidas permiten distinguir algunos tipos de baldosas cerámicas.

3.2.4.1 Piezas complementarias y especiales

Son de muy diversas medidas y formas, incluso no planas. Las piezas complementarias tienen usos principalmente decorativos combinados con las baldosas cerámicas básicas; dentro de una gran variedad, son de uso frecuente los listeles, tacos, tiras y algunas molduras y cenefas. Las piezas especiales cumplen una función de esa naturaleza: rodapiés, peldaños, zanquines, vierteaguas, escuadras, cubrecantos, pasamanos, entre otros.

3.2.4.2 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 pavimento 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 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 suelos y más raramente para paredes.

3.2.4.3 Mosaico

Es el nombre aplicado a las piezas generalmente cuadradas y pequeñas, considerando como tales a las que pueden inscribirse en un cuadrado de 7 cm x 7 cm, aunque generalmente miden de 2 cm x 2 cm a 5 cm x 5 cm. 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 generalmente perforado o, por el dorso, a una red textil, de papel o de plástico. Se mantienen así en conjuntos regulares de 30 cm x 30 cm o 30 cm x 60 cm o de ese orden, formados por piezas iguales, de medidas coordinadas, de uno o más colores o incluso formando dibujos (grecas, 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 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 utilizaron en cocinas y baños privados pero actualmente se destinan a estancias húmedas públicas (piscinas, duchas y locales de características similares). Grupos AI, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua < 3%, no esmaltadas) o AIIa, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua 3% < 6%, no esmaltadas) de las normas ISO y EN-UNE.

Mosaico esmaltado, con absorción de agua media-alta o alta, con cuerpo 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 planos o moteados y es adecuado para revestir paredes de locales húmedos y piscinas.

3.3 Técnicas de colocación de las bc

La colocación de la BC por el sistema tradicional, con morteros de capa gruesa, sigue siendo muy utilizada, debido al hábito adquirido por los

colocadores y a la confianza que inspira la larga experiencia adquirida. Este sistema no siempre ofrece las garantías necesarias de calidad. Este hecho y los conocimientos adquiridos acerca del uso de adhesivos especiales, estimulan su gradual sustitución por un sistema de colocación con capa fina, que ofrece claras ventajas, especialmente relacionadas con la calidad de la obra, referidas a su adherencia y durabilidad.

La adherencia, considerada como la fuerza de unión entre la pieza cerámica y el soporte, juega un papel importantísimo en la calidad de los solados y alicatados. Una buena adherencia debe asegurar una firme sujeción de las piezas al soporte.

La durabilidad supone el mantenimiento de una adherencia aceptable a lo largo del tiempo.

El proceso para la obtención de la técnica de colocación se estructura en tres etapas que toman respectivamente en consideración:

- El soporte y sus características.
- La técnica de colocación y el material de agarre.
- El proceso de selección de técnica de colocación.

El soporte es el elemento que se va a revestir con las BC. El soporte puede ser simple, casos más comunes de suelos y en la mayor parte de los paramentos. Puede estar cubierto por varias capas de materiales para cumplir requisitos especiales (aislamiento térmico, acústico, impermeabilización, etc.) o para mejorar la colocación de las baldosas (nivelación, adherencia).

Los tipos de soporte pueden ser considerados:

Los soportes habituales: ladrillo cerámico, bloque cerámico, mortero de cemento, solera de hormigón in situ, prefabricados de hormigón, placas de cartón- yeso, yeso o paneles de escayola

Los soportes especiales, que requieren consideración aparte: el revestimiento cerámico ya existente, revestimiento de terrazo o piedra natural, madera.

Las características más importantes del soporte a efectos de la colocación de BC son:

Estabilidad dimensional: aptitud para mantener las dimensiones constantes o con variaciones dentro de límites razonables, a lo largo del tiempo. Las variaciones debidas a los cambios y humedad son generalmente reversibles. La retracción de soportes realizados en hormigón, debida al fraguado, es irreversible y para evitar sus efectos, deberá esperarse alrededor de cinco a seis meses desde su ejecución antes de proceder a la colocación de las BC.

Flexibilidad: aptitud de los soportes, especialmente de los suelos, para deformarse bajo carga. No solo los forjados de madera pueden dar problemas, también los elementos de hormigón con luces superiores a cuatro metros, por ejemplo, deberán ser cuidados. En todo caso, deberá procurarse que la flecha activa en forjados no sea superior a 10 mm. Sus efectos negativos pueden prevenirse mediante capas de desolidarización o juntas de movimiento. Considérese también usar baldosas de menor tamaño o juntas de colocación mayores.

La técnica de colocación y el material de agarre. Para establecer la técnica de colocación deberán tenerse en cuenta algunos datos ya definidos en el proceso de selección como son el tipo y tamaño de la baldosa, su ubicación en interiores o exteriores y las consideraciones anteriores sobre el soporte. Hay que considerar los dos tipos de técnicas de colocación, la de capa gruesa y la de capa fina.

3.3.1 La colocación en capa gruesa

Descripción. Es la técnica tradicional, por la que se coloca la cerámica directamente sobre el soporte (tabique de ladrillo, paredes de cargas de bloque, ladrillo u hormigón, etc.), aunque en los pavimentos se deberá prever una base de arena u otro sistema de desolidarización (para prevenir los efectos de una inadecuada flexibilidad o estabilidad dimensional del soporte). Para la colocación en capa gruesa se utiliza el mortero tradicional.

Ventajas. Es una técnica más económica. Permite compensar defectos de planitud mayores. Su aplicación es directa sobre el soporte y existe gran experiencia entre los colocadores. En general no necesita preparación previa del soporte.

Material de agarre. En capa gruesa se utiliza el mortero tradicional o el mortero predosificado.

3.3.2 La colocación en capa fina

Descripción. Es una técnica de evolución más reciente, adaptada a los actuales materiales cerámicos y a diversidad de soportes. La colocación se realiza generalmente sobre una capa previa de regularización del soporte, ya sea en las paredes o en las bases de mortero en los suelos.

Ventajas. Es una técnica apta para cualquier tipo de baldosa y compatible con cualquier soporte. Existen adhesivos adecuados para cada colocación y es de fácil empleo. Evita las dosificaciones a pie de obra. Permite una mayor deformabilidad en el soporte y mayor adherencia.

Material de agarre. En capa fina se utilizan los adhesivos cementosos o morteros cola, las pastas adhesivas y adhesivos de resinas de reacción.

4. Proceso de fabricación de baldosas cerámicas

4.1 Introducción

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del siguiente modo:

- Preparación de las materias primas.
- Conformación y secado en crudo de la pieza.
- Cocción o cocciones, con o sin esmaltado.
- Tratamientos adicionales.
- Clasificación y embalaje.

Dependiendo de que el producto a fabricar sea esmaltado o no, de que éste se fabrique por un procedimiento de monococción, bicocción o tercer fuego, en un determinado proceso se realizará o no el esmaltado, o se modificará la secuencia de las etapas de esmaltado y de cocción en la forma adecuada. (Figura 1.)

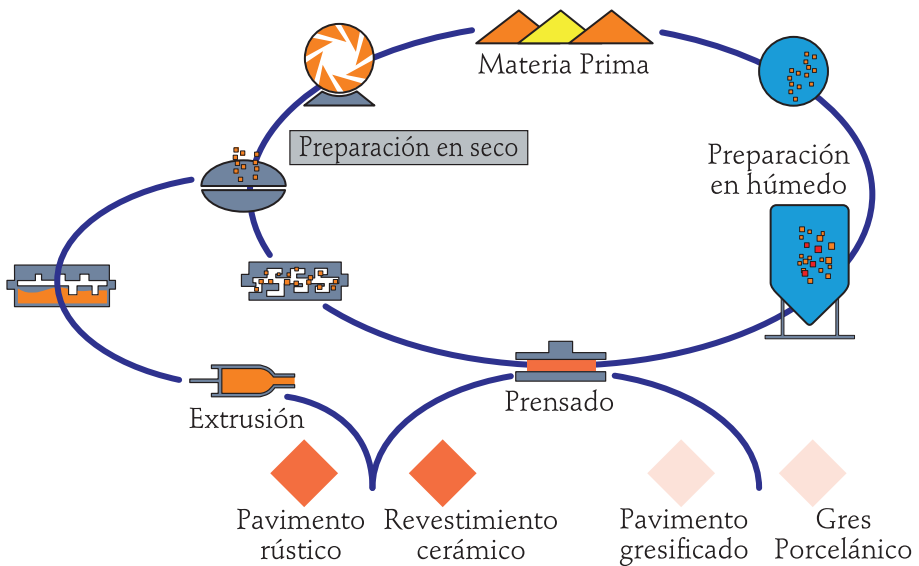


Figura 1. Diagrama de los procesos de fabricación considerados

Preparación de materias primas - Molienda en húmedo - Atomización - Prensado - Secado - (Cocción) - Esmaltado - Cocción (Variante sin esmaltado y con/sin pulido) (Variante con cogeneración).

Preparación de materias primas - Molienda en seco - Prensado - (Cocción) - Esmaltado - Cocción.

Preparación de materias primas - Amasado - Extrusión - (Esmaltado) - Cocción.

4.2 Preparación de las materias primas

El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines.

En la industria cerámica tradicional las materias primas se suelen utilizar, por lo general, tal y como se extraen de la mina o cantera, o después de someterlas a un mínimo tratamiento. Su procedencia natural exige, en la mayoría de los casos, una homogeneización previa que asegure la continuidad de sus características.

4.2.1 Molienda por vía seca o por vía húmeda

Una vez realizada la primera mezcla de los distintos componentes de la pasta cerámica, ésta se somete por lo general a un proceso de molienda, que puede ser vía seca (molinos de martillos o pendulares) o vía húmeda (molinos de bolas continuos o discontinuos).

El material resultante de la molienda presenta unas características distintas si aquella se efectúa por vía seca o por vía húmeda. En el primer caso, se produce una fragmentación, manteniéndose tanto los agregados como los aglomerados de partículas, siendo el tamaño de partículas resultante (existen partículas mayores de 300 micras) superior al obtenido por vía húmeda (todas las partículas son menores de 200 micras). Al elegir el tipo de molienda a emplear, un factor decisivo lo constituye el costo de la inversión a realizar en cada caso.

4.2.2 Molienda por vía húmeda y secado de la composición por atomización

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por monococción, como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone, es el de vía húmeda y posterior secado de la suspensión resultante por atomización. (Figura 2.)

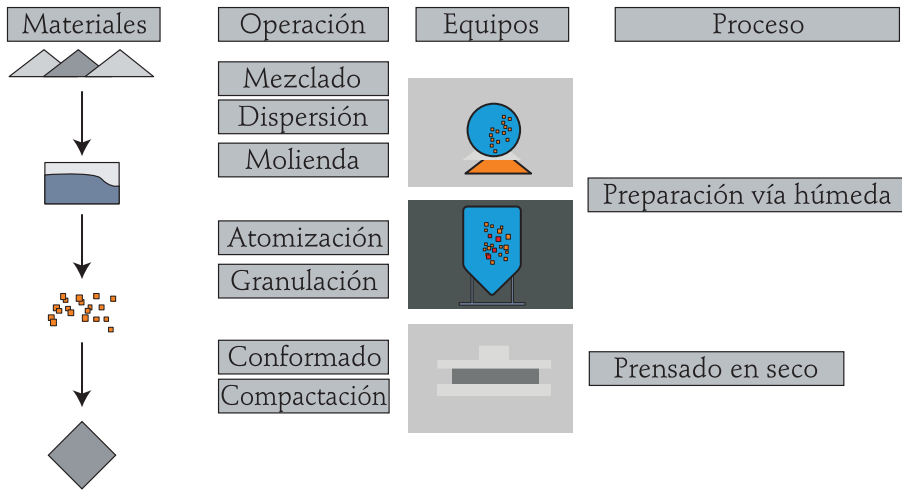


Figura 2. Procesos de conformado de materias primas

En el procedimiento de vía húmeda, las materias primas pueden introducirse total o parcialmente en el molino de bolas, que es lo habitual, o desleírse directamente.

A la suspensión resultante (barbotina) se le elimina una parte del agua que contiene hasta alcanzar el contenido en humedad necesario para cada proceso. El método más utilizado en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos es el secado por atomización.

El proceso de atomización es un proceso de secado, por el cual una suspensión pulverizada en finas gotas entra en contacto con aire caliente para conseguir un producto sólido de bajo contenido en agua.

El contenido en humedad presente en la suspensión (barbotina) suele oscilar en torno a 0,30 kg-0,45 kg de agua / kg de sólido seco. Este contenido en agua tras el proceso de atomización se reduce a 0,05 kg-0,07 kg de agua / kg de sólido seco.

El proceso de secado por atomización se desarrolla según el esquema de la Figura 3 (etapas bombeo y pulverización de la suspensión, generación y alimentación de los gases calientes, secado por contacto gas caliente-gota suspensión y separación del polvo atomizado de los gases).

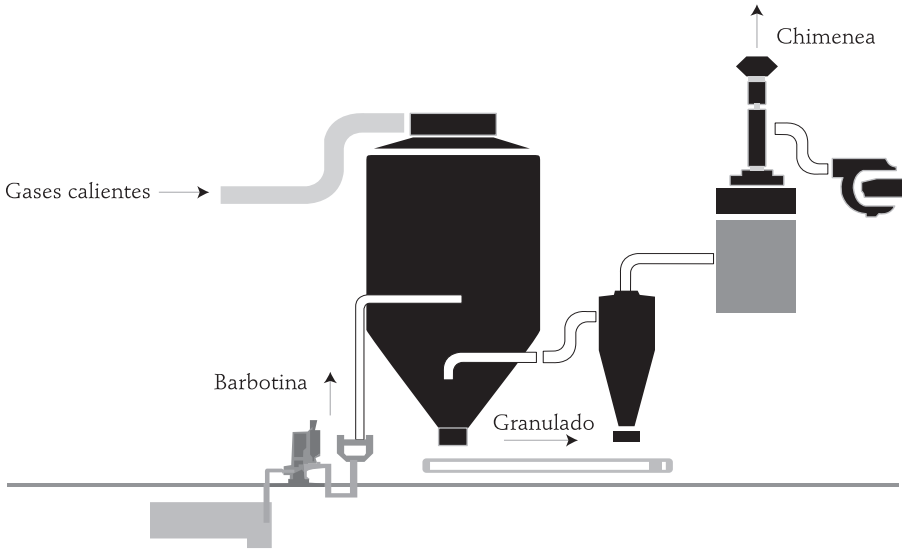


Figura 3. Esquema del proceso de secado por atomización.

Los atomizadores operan siguiendo la siguiente secuencia: la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda, con un contenido en sólidos entre el 60% y el 70% y con una viscosidad adecuada (alrededor de 1000cp), es bombeada por medio de bombas de pistón al sistema de pulverización de la barbotina.

La barbotina finamente nebulizada y dividida se seca poniéndola en contacto con una corriente de gases calientes. Estos gases provienen de un quemador convencional aire-gas natural o son los gases de escape de una turbina de cogeneración.

El granulado, con una humedad entre el 5,5% y el 7%, se descarga en una cinta transportadora y se lleva a los silos para su posterior prensado.

La corriente de gases utilizada para secar la barbotina y obtener el polvo atomizado se elimina por la parte superior del atomizador conteniendo un elevado grado de humedad y partículas de polvo muy finas en suspensión.

La implantación del proceso de secado por atomización para la obtención de la materia prima del soporte (polvo atomizado), conlleva unas importantes ventajas que favorecen el desarrollo de las posteriores etapas del proceso de fabricación. Una de las ventajas más importantes es la obtención de gránulos más o menos esféricos, huecos en su interior y muy uniformes, lo que confiere al polvo atomizado una elevada flui-

dez, facilitando las operaciones de llenado de los moldes de las prensas y prensado de piezas de gran formato.

Otras ventajas a destacar son la consecución de dos operaciones, secado y granulación, a la vez y con el mismo equipo. Por otra parte, el control de las variables del proceso presentan una gran simplicidad aunque, debe tenerse en cuenta, la elevada rigidez en las condiciones límite de operación, que vienen impuestas por las características geométricas y constructivas de la instalación. Además, cabe destacar el carácter continuo del proceso, por lo que puede ser automatizado.

En cuanto al coste energético de este proceso de secado, es muy elevado pero se consigue aumentar la rentabilidad del mismo, por el aprovechamiento del calor de los gases y generación de electricidad mediante la implantación de turbinas de cogeneración.

4.2.3 Amasado

El proceso de amasado consiste en el mezclado íntimo con agua de las materias primas de la composición de la pasta. Con esto se consigue una masa plástica fácilmente moldeable por extrusión.

4.2.4 Conformación de las piezas

4.2.4.1 Prensado en seco

El procedimiento predominante de conformación de las piezas es el prensado en seco (5%-7% de humedad), mediante el uso de prensas hidráulicas. Este procedimiento de formación de pieza opera por acción de una compresión mecánica de la pasta en el molde y representa uno de los procedimientos más económicos de la fabricación de productos cerámicos de geometría regular.

El sistema de prensado se basa en prensas oleodinámicas que realizan el movimiento del pistón contra la matriz por medio de la compresión de aceite y presentan una serie de características como son: elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación y constancia en el tiempo del ciclo de prensado establecido.

Las prensas se han desarrollado mucho en los últimos años y son equipos con automatismos muy sofisticados fácilmente regulables y muy versátiles.

4.2.4.2 Extrusión

Básicamente el procedimiento de conformación de pieza por extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz que forma una pieza de sección constante.

Los equipos que se utilizan constan de tres partes principales: el sistema propulsor, la matriz y la cortadora. El sistema propulsor más habitual es el sistema de hélice.

4.2.4.3 Secado de piezas conformadas

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas tras su conformado hasta niveles lo suficientemente bajos (0,2%-0,5%) para que las fases de cocción y, en su caso, esmaltado, se desarrollen adecuadamente.

En los secaderos que normalmente se utilizan en la industria cerámica, el calor se transmite mayoritariamente por convección, desde gases calientes a la superficie de la pieza, participando ligeramente el mecanismo de radiación desde dichos gases y desde las paredes del secadero a dicha superficie.

Por lo tanto, durante el secado de piezas cerámicas, tiene lugar simultánea y consecutivamente un desplazamiento de agua a través del sólido húmedo y a través del gas. El aire que se utiliza debe ser lo suficientemente seco y caliente, pues se utiliza no sólo para eliminar el agua procedente del sólido sino también para suministrar la energía en forma de calor, que necesita esa agua para evaporarse.

Actualmente, el secado de las piezas se realiza en secaderos verticales u horizontales.

Tras el conformado de las piezas, éstas se introducen en el interior del secadero, en donde se ponen en contacto en contracorriente con gases calientes. Estos gases calientes son aportados por un quemador aire-gas natural o por gases calientes procedentes de la chimenea de enfriamiento del horno. El principal mecanismo de transmisión de calor entre el aire y las piezas es el de convección.

En los secaderos verticales las piezas se colocan en planos metálicos, formando entre varios planos diferentes unidades denominadas habitualmente "cestones". El conjunto de cestones se mueve por el interior del secadero verticalmente, entrando el conjunto cestón-pieza en contacto con los gases calientes. Normalmente la temperatura en este tipo de secaderos es inferior a 200°C y los ciclos de secado suelen estar entre los 35 y 50 minutos.

La concepción de los secaderos horizontales es del tipo horno monoestrato de rodillos. Las piezas se introducen en diversos planos en el interior del secadero y se mueven horizontalmente en su interior por encima de los rodillos. El aire caliente, que entra en contacto en contracorriente con las piezas, es aportado por quemadores situados en los

laterales del horno. La temperatura máxima en este tipo de instalaciones suele ser mayor que en el caso de los secaderos verticales (alrededor de los 350°C) y los ciclos de secado son menores, entre 15 y 25 minutos.

En general, los secaderos horizontales tienen un consumo menor que los verticales, debido a la mejor disposición de las piezas dentro del secadero y a la menor masa térmica.

La emisión resultante de la operación de secado es una corriente de gases a temperatura del orden de los 110°C y con muy baja concentración de partículas en suspensión arrastradas de la superficie de las piezas por esta corriente.

4.2.5 Cocción o cocciones, con o sin esmaltado

En los productos no esmaltados, tras la etapa de secado se realiza la cocción. Asimismo, en el caso de productos esmaltados fabricados por bicocción, tras el secado de las piezas en crudo se realiza la primera cocción.

4.2.5.1 Esmaltado

El esmaltado consiste en la aplicación por distintos métodos de una o varias capas de vidriado con un espesor comprendido entre 75-500 micras en total, que cubre la superficie de la pieza. Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica.

La naturaleza de la capa resultante es esencialmente vítrea, aunque incluye en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura.

4.2.5.2 Esmaltes y fritas

El vidriado, al igual que la pasta cerámica, está compuesto por una serie de materias primas inorgánicas. Contiene sílice como componente fundamental (formador de vidrio), así como otros elementos que actúan como fundentes (alcalinos, alcalinotérreos, boro, cinc, etc.), como opacificantes (circonio, titanio, etc.), como colorantes (hierro, cromo, cobalto, manganeso, etc.).

Dependiendo del tipo de producto, de su temperatura de cocción y de los efectos y propiedades a conseguir en el producto acabado, se formula una amplia variedad de esmaltes.

En otros procesos cerámicos (porcelana artística, sanitarios) se utilizan en la formulación de vidriados única y exclusivamente materias primas cristalinas, naturales o de síntesis, que aportan los óxidos neces-

rios. En cambio, en el proceso de pavimentos y revestimientos cerámicos se vienen usando materias primas de naturaleza vítrea (fritas), preparadas a partir de los mismos materiales cristalinos sometidos previamente a un tratamiento térmico de alta temperatura.

4.2.6 Fritas: naturaleza, ventajas, composición y fabricación

Las fritas son compuestos vítreos, insolubles en agua, que se obtienen por fusión a temperatura elevada (1500°C) y posterior enfriamiento rápido de mezclas predeterminadas de materias primas. La gran mayoría de los esmaltes que se utilizan en la fabricación industrial de pavimentos y revestimientos cerámicos tienen una parte fritada en mayor o menor proporción en su composición, pudiéndose tratar en algunos casos de una sola fritita o de mezclas de diferentes tipos de fritas.

La utilización de fritas presenta las siguientes ventajas frente al empleo de materias primas sin fritar, para una composición química dada:

Insolubilización de algunos elementos químicos.

Disminución de la toxicidad. El material vítreo obtenido, por su tamaño y estructura, tiene menor tendencia a la formación de polvo ambiental que las materias primas de las que proviene, disminuyendo de esta forma el peligro asociado a su toxicidad.

Ampliación del intervalo de temperaturas de trabajo del esmalte, debido a que no poseen puntos definidos de fusión.

El proceso de fabricación de fritas, comúnmente llamado fritado, tiene como objetivo la obtención de un material vítreo insoluble en agua, mediante fusión y posterior enfriamiento de mezclas de diferentes materiales.

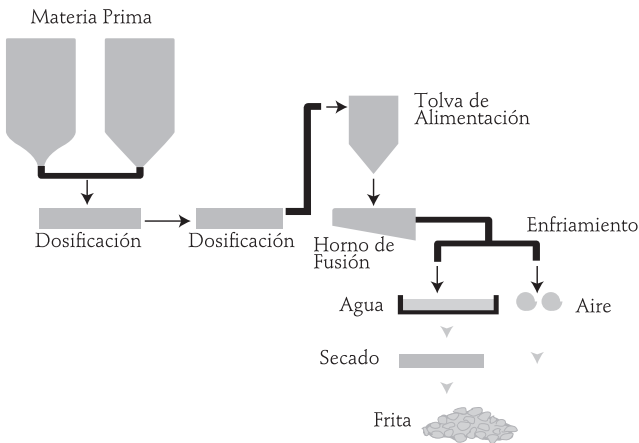


Figura 4. Proceso de fritado

El proceso comienza con una dosificación de las materias primas, previamente seleccionadas y controladas, en la proporción establecida. Mediante transporte neumático se trasladan las diferentes materias primas a una mezcladora. (Figura 4).

La mezcla de materias primas pasa a una tolva de alimentación, desde la que entra al horno, donde tiene lugar el fritado propiamente dicho. La alimentación del horno se lleva a cabo mediante un tornillo sin fin, cuya velocidad controla el flujo másico de material alimentado al horno. El tiempo de permanencia del material en el interior del horno viene definido por la velocidad de fusión de las materias primas y por la fluidez del material fundido.

El horno está dotado de quemadores alimentados con gas natural, utilizándose como comburente aire u oxígeno. Estos sistemas permiten alcanzar temperaturas comprendidas entre 1400°C-1600°C, necesarias para llevar a cabo este tipo de procesos.

Antes de ser expulsados al exterior a través de la chimenea, los gases de combustión se pasan por un intercambiador de calor, con el fin de recuperar energía para precalentar el aire de combustión.

Las fritas pueden clasificarse atendiendo a muy diversos criterios: en función de su composición química (plúmbicas, borácicas, etc.), de sus características físicas (opacas, transparentes, etc.), de su intervalo de fusión (fundentes, duras), etc. En la actualidad se ha desarrollado una serie de fritas, destinadas a determinados procesos de producción, que engloban varias de las características buscadas y que hacen todavía más difícil la clasificación de las fritas cerámicas.

Existe gran variedad de fritas cerámicas, que difieren en su composición química y en las características físicas relacionadas con ésta. Como se ha explicado previamente, los componentes que por sí son solubles o tóxicos se aportan siempre en forma fritada para reducir considerablemente su solubilidad; así sucede con el plomo, el boro, los alcalinos y algunos otros elementos minoritarios. El resto de componentes puede ser utilizado en forma fritada o como materia prima cristalina, dependiendo del efecto que se busque.

El proceso de fritado puede desarrollarse en continuo, empleándose hornos continuos con enfriamiento del fundido con agua o con aire y en discontinuo, con hornos rotatorios y enfriamiento por agua.

Los hornos continuos tienen su base inclinada con el fin de facilitar el descenso de la masa fundida. En la salida se sitúa un rebosadero y un quemador que actúa directamente sobre el líquido viscoso en que se ha convertido la frita a la salida, evitando su brusco enfriamiento al contacto con el aire y facilitando el vaciado en continuo del horno.

El enfriamiento puede realizarse:

Con agua. El material fundido cae directamente sobre agua, lo cual provoca su inmediato enfriamiento. Al mismo tiempo, y debido al choque térmico, se produce la rotura del vidrio en pequeños fragmentos de forma irregular. Estos se suelen extraer del agua mediante un tornillo sin fin, transportándolos posteriormente a un secadero para eliminarles la humedad del tratamiento anterior.

Con aire. En este caso la masa fundida se hace pasar a través de dos cilindros, enfriados en su interior por aire, obteniendo un sólido laminado muy frágil, que se rompe con facilidad en pequeñas escamas.

El proceso intermitente se lleva a cabo en caso de que se desee fabricar fritas de menor demanda. En este caso, el proceso de fusión se realiza en un horno rotatorio y normalmente el enfriamiento de la frita se realiza por agua, siendo éstas las únicas diferencias con respecto al proceso continuo.

El horno rotatorio consiste en un cilindro de acero revestido interiormente con refractario y dotado de un sistema de movimiento que permite la homogeneización de la masa fundida. En un extremo del horno se sitúa un quemador que dirige la llama hacia el interior del horno.

Tanto en el proceso continuo como en el intermitente, los humos procedentes de la fusión contienen compuestos gaseosos procedentes de la combustión, gases producto de las volatilizaciones de las materias primas alimentadas y partículas arrastradas por los gases de combustión en su salida del horno. Es importante destacar que la composición de estas partículas es parecida a la de la frita que se está produciendo en cada momento.

4.2.7 Esmaltes: preparación y aplicación. Decoración

El proceso de preparación de los esmaltes consiste normalmente en someter a la frita y aditivos a una fase de molienda, en molino de bolas de alúmina, hasta obtener un rechazo prefijado. A continuación, se ajustan las condiciones de la suspensión acuosa cuyas características dependen del método de aplicación que se vaya a utilizar. El esmaltado de las piezas cerámicas se realiza en continuo y los métodos de aplicación más usuales en la fabricación de estos productos cerámicos son: en cortina, por pulverización, en seco o en las decoraciones.

La serigrafía es la técnica mayoritariamente utilizada para la decoración de baldosas cerámicas, debido a su facilidad de aplicación en las líneas de esmaltado. Esta técnica se utiliza tanto en monococción como en bicocción y tercer fuego, y consiste en la consecución de un determinado diseño que se reproduce por aplicación de una o varias pantallas superpuestas (telas tensadas de una luz de malla determinada). Estas pantallas presentan la totalidad de su superficie cerrada por un producto endurece-

dor, dejando libre de paso únicamente el dibujo que se va a reproducir. Al pasar sobre la pantalla un elemento que ejerce presión (rasqueta), se obliga a la pasta serigráfica a atravesarla, quedando la impresión sobre la pieza.

4.2.8 Cocción de las piezas

La cocción de los productos cerámicos es una de las etapas más importantes del proceso de fabricación, ya que de ella depende gran parte de las características del producto cerámico: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego, etc.

Las variables fundamentales a considerar en la etapa de cocción son, el ciclo térmico (temperatura-tiempo, Figura 5), y la atmósfera del horno, que deben adaptarse a cada composición y tecnología de fabricación, dependiendo del producto cerámico que se desee obtener.

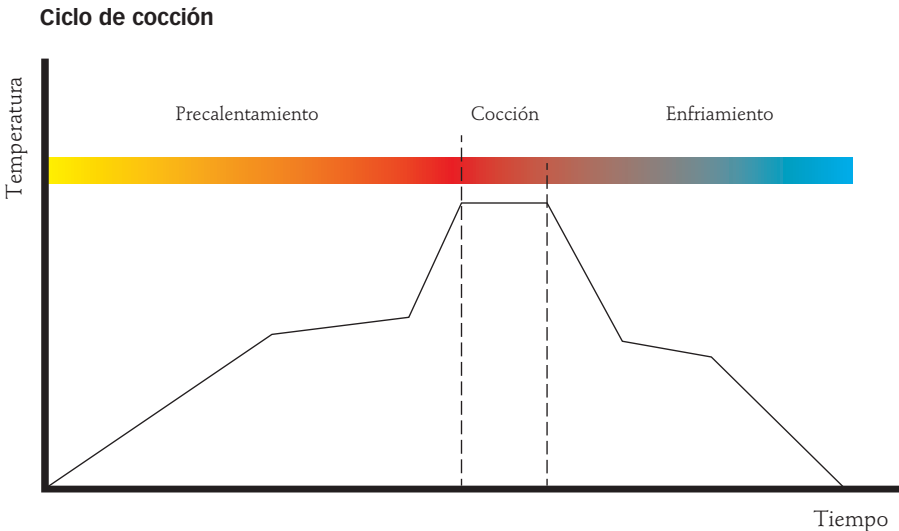


Figura 5. Ciclo de cocción

La operación de cocción consiste en someter a las piezas a un ciclo térmico, durante el cual tiene lugar una serie de reacciones en la pieza que provocan cambios en su microestructura y les confieren las propiedades finales deseadas.

4.2.8.1 Cocción única, monococción y bicocción

Los materiales cerámicos pueden someterse a una, dos o más cocciones. Las baldosas no esmaltadas reciben una única cocción; en el caso de baldosas esmaltadas, pueden someterse a una cocción tras la aplicación del esmalte sobre las piezas crudas (proceso de monococción) o someterse a una primera cocción para obtener el soporte, al que se aplica el esmalte para someterlo luego a una segunda cocción (proceso de bicocción). En algunos materiales decorados se aplica una tercera cocción a menor temperatura.

En ocasiones puede haber un secado adicional tras la etapa de esmaltado. Esta se lleva a cabo inmediatamente antes de introducir el material en el horno, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas hasta niveles suficientemente bajos para que la etapa de cocción se desarrolle adecuadamente.

4.2.8. Cocción rápida

La cocción rápida de las baldosas cerámicas, actualmente predominante, se realiza en hornos monoestrato de rodillos, que han permitido reducir extraordinariamente la duración de los ciclos de cocción hasta tiempos inferiores a los 40 minutos, debido a la mejora de los coeficientes de transmisión de calor de las piezas, y a la uniformidad y flexibilidad de los mismos.

En los hornos monoestrato, las piezas se mueven por encima de los rodillos y el calor necesario para su cocción es aportado por quemadores gas natural-aire, situados en las paredes del horno. Los mecanismos principales de transmisión de calor presentes durante este proceso son la convección y la radiación. (Figura 6).

Esquema de horno monoestrato

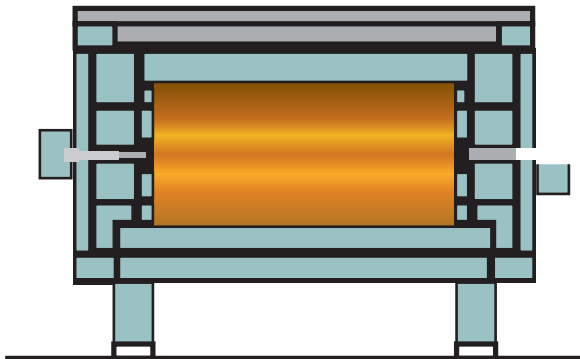


Figura 6. Horno de cocción

Al tratarse de hornos no muflados, el contacto de los gases con el producto es directo, lo cual mejora los coeficientes de transporte de calor, disminuyendo la duración del ciclo de cocción, reduciendo el consumo energético y aumentando la flexibilidad de estos hornos respecto a los anteriormente empleados para este proceso.

Los gases calientes resultantes de la operación de cocción se emiten a la atmósfera por dos focos emisores. Por una parte, los humos procedentes de la zona de precalentamiento y cocción se emiten al exterior por una chimenea que se encuentra a la entrada del horno y los humos de la zona de enfriamiento se emiten por una chimenea que se encuentra a la salida del horno.

Los humos procedentes del proceso de precalentamiento y cocción se componen principalmente de sustancias provenientes de la combustión y compuestos gaseosos de carácter contaminante procedentes de la descomposición de las materias primas y partículas de polvo en suspensión. En cuanto a los humos de la etapa de enfriamiento, se trata de aire caliente, pudiendo contener partículas de polvo.

4.2.9 Tratamientos adicionales

En algunos casos, en particular en baldosas de gres porcelánico, se realiza una operación de pulido superficial de las piezas cocidas con lo que se obtienen baldosas homogéneas brillantes no esmaltadas.

4.2.10 Clasificación y embalado

Por último, con la etapa de clasificación y embalado finaliza el proceso de fabricación del producto cerámico.

La clasificación se realiza mediante sistemas automáticos con equipos mecánicos y visión superficial de las piezas. El resultado es un producto controlado en cuanto a su regularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas.

5 Clasificación de las baldosas cerámicas

5.1 Clasificación de baldosas cerámicas según su uso

La diversidad de situaciones en que puede utilizarse la baldosa cerámica hace necesario que se tengan en cuenta, además del tipo de baldosa, diversas características que son relevantes a los efectos de su uso.

El proceso de clasificación verifica las características de cada grupo y le asigna el identificador correspondiente, obteniéndose el código de baldosa según el siguiente diagrama:

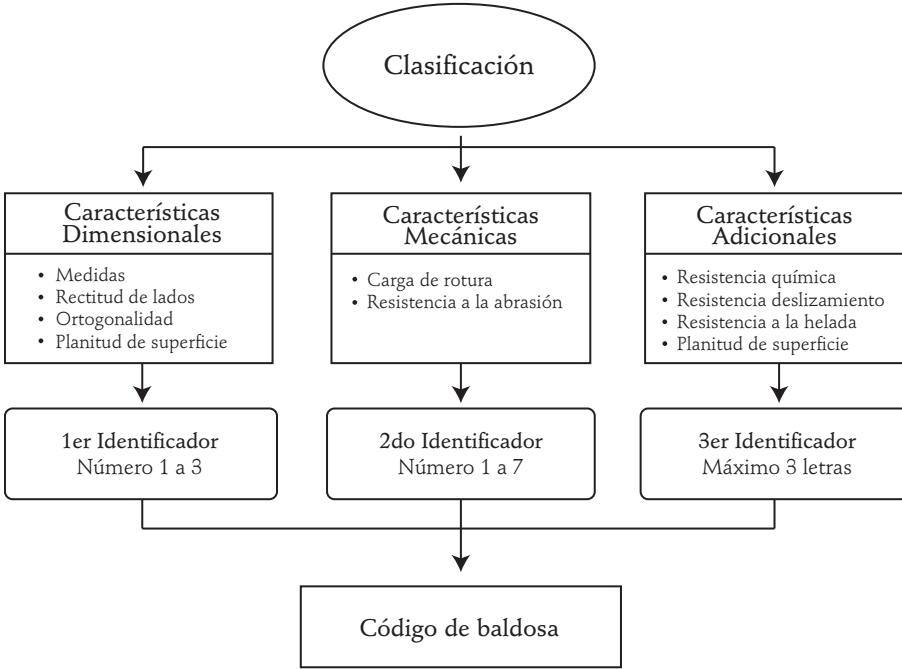


Figura 7. Diagrama de obtención de código de baldosa

5.1.1 Características dimensionales

Según las desviaciones de estas características sean mayores o menores, se prevén tres tipos de uso de las baldosas:

El tipo 1 designa baldosas que se han de poner con junta de colocación, habitualmente en superficies horizontales. Es el menos exigente en cuanto a características dimensionales.

El tipo 2 designa baldosas que pueden ser puestas sin junta de colocación y en superficies horizontales (pavimentos).

El tipo 3 designa baldosas que pueden ser puestas sin junta de colocación en superficies verticales (paramentos), siendo este último tipo el más exigente en cuanto a características dimensionales.

En este aspecto, y dado que las exigencias son crecientes, una baldosa con un número identificador mayor tiene mejores características dimensionales y satisface y puede ser utilizada en los usos con identificador menor.

Así, en lo que se refiere a exigencias dimensionales, las baldosas que cumplan con el tipo 3, paramento sin junta, pueden utilizarse perfectamente en pavimento sin junta (tipo 2) o colocarse con junta (tipo 1) ya que superan las características de estos tipos. A la inversa, una baldosa que cumple estrictamente con el tipo 1 (colocación con junta), no podría utilizarse sin junta pues las características necesarias para los otros usos son más exigentes.

5.1.2 Características mecánicas

El segundo identificador es un número que hace referencia a cómo afectan a distintos tipos de uso algunas características mecánicas como la carga de rotura, clase de abrasión y otras. Teniendo en cuenta diversos valores de los parámetros y los usos previsibles en correlación con estos valores, se obtiene la siguiente clasificación:

- Tipo 1. Uso en paramento.
- Tipo 2. Uso en pavimento tránsito peatonal leve.
- Tipo 3. Uso en pavimento tránsito peatonal moderado.
- Tipo 4. Uso en pavimento tránsito peatonal medio.
- Tipo 5. Uso en pavimento tránsito intenso.
- Tipo 6. Uso en pavimento tránsito peatonal muy intenso.
- Tipo 7. Uso en pavimento con tráfico rodado.

De modo análogo al apartado anterior, un número mayor de tipo significa características más exigentes.

Así, en lo que se refiere a características mecánicas, las baldosas que cumplan las exigencias del tipo 7, pavimento con tráfico rodado, pueden utilizarse para cualquiera de los usos de tipo 1 a 6, pues superan sus características. A la inversa, una baldosa que cumpla estrictamente con el tipo 1, no serviría para ninguno de los usos de número superior (de 2 a 7).

Tabla 3. Características dimensionales

Características	Primer identificador características dimensionales		
	1	2	3
Desviaciones máximas Mas admisibles Según ISO 10545.2	Colocación con junta L < 200 mm	Pavimento sin junta L < 200 mm	Paramento sin junta L < 200 mm
Longitud y anchura (L)	L ≥ 200 mm	L ≥ 200 mm	L ≥ 200 mm
*De la medida media de cada baldosa respecto:			
-a la dimensión de fabricación.	= 1,5 (<4,5 mm)	= 0,5% (<1,8 mm)	= 0,5%
-a la media de las baldosas de muestra.	= 3 mm	= 1,0 mm	= 1.0 mm
Grosor	= 105 mm	= 0,5 mm	= 0,5 mm
*Del grosor medio de cada baldosa respecto al grosor de fabricación.			= 0,3% (<0,75 mm)
Rectitud de lados *De la rectitud.	= 1% (<3,0mm)	= 5%	= 0,5 mm (<1,0 mm)
Ortogonalidad	= 1,5 mm	= 0,5 mm	= 0,5 mm
*De la ortogonalidad.	= 1,5% (<4,5 mm)	= 1,0 mm	= 0,5 % (<2mm)
Plantitud de superficie	= 2,5 mm		= 1,0 mm
*Curvatura central en relación con la diagonal			
*Curvatura lateral.			
*Alabeo en relación con la diagonal.			

Tabla 4. Características mecánicas

Segundo identificador características mecánicas		Baldosa no esmaltadas		
TIPO	USO	Carga de rotura a la flexión	Baldosas Esmeraldadas	Resistencia a la abrasión
		Según ISO 105_5.4	Resistencia a la absorción	Según ISO 10545-6
			Según ISO 10545-7	Según Ex UNE 67-101
			Cambio visible y resistencia a manchas 1ª etapa	Dureza Moh
			Pérdida media de brillo a 60 en etapa de 600 revoluciones (2)	Según ISO 10545-6
				Volumen de materia eliminada
1	Paramento	>450 N		
2	Pavimento Tránsito Peatonal Leve		≥600 revoluciones	<20 356 mm(3)
3	Pavimento Tránsito Peatonal Moderado			<10 419 mm (3)
4	Pavimento Tránsito Peatonal Medio	>900 N	≥1500 revoluciones	Máximo 4 <649 mm(3)
5	Pavimento Tránsito Peatonal Intenso		≥2100 revoluciones	<393 mm(3)
6	Pavimento Tránsito Peatonal Muy Intenso			Máximo 6 <175 mm(3)
7	Pavimento Tráfico Dorado	>9000N	≥5000 revoluciones	

5.1.3 Características adicionales

El tercer identificador es una letra o letras que hacen referencia a características adicionales de la baldosa cerámica, como la resistencia química, la resistencia al deslizamiento y la resistencia a la helada.

Teniendo en cuenta cómo estas características afectan al uso, se obtienen siete tipos para este tercer dígito que se denominan:

- Tipo H. Uso higiénico.
- Tipo E. Uso exterior.
- Tipo EH. Uso exterior higiénico.
- Tipo A. Uso antideslizante.
- Tipo AH. Uso antideslizante higiénico.
- Tipo AE. Uso antideslizante exterior.
- Tipo AEH. Uso antideslizante exterior higiénico.

Así como las características de los anteriores identificadores son más exigentes a medida que crece el número, de modo que un tipo contiene a los anteriores, en esta característica se combinan diferentes criterios.

Así, una baldosa con identificador EH, uso exterior higiénico, podría utilizarse en los usos que contienen sus letras, es decir en usos que sólo exijan E, o sólo H, o sin requisito adicional.

No podría utilizarse en usos en que se exige alguna letra distinta de E y H, es decir, ni para A, ni para AH, ni para AE, ni para AEH. En consecuencia, solamente baldosas tipo AEH serían de “uso universal” a los efectos de estas características adicionales.

Un código de baldosa que no tenga el tercer identificador (sin letras), indica que esta no tiene ninguna de las características adicionales y, por tanto, no es adecuada para ninguno de los siete usos enunciados.

El término antideslizante no se utiliza de forma absoluta y solamente hace referencia al comportamiento de las baldosas en superficies con presencia de agua. En presencia de otros vehículos intermedios (agua jabonosa, grasa, barro, etc.), dicho comportamiento puede ser significativamente diferente.

Como uso exterior se entiende el uso en exteriores o locales abiertos al exterior en zonas geográficas donde haya riesgo de helada, al que se equipara el uso en recintos sometidos a bajas temperaturas (cámaras frigoríficas y similares).

5.1.4 Características técnicas comunes a todos los usos

Además de las características expuestas en los anteriores apartados y variables según el uso, hay características técnicas que deben cumplir las baldosas para todos los tipos de uso. Estas características, sus valores críticos y las normas para su medición son las siguientes:

Tabla 5. Características adicionales

Tercer identificador - Características adicionales				
Tipo	Uso	Resistencia a ácidos y bases (1)	Resistencia a la helada (2)	Coefficiente de fricción dinámico en húmedo (3)
Sin letra				
H	Higiénico	*		
E	Exterior		*	
EH	Exterior higiénico	*	*	
A	Antideslizante			*
AH	Antideslizante higiénico	*		*
AE	Antideslizante exterior		*	*
AEH	Antideslizante exterior higiénico	*	*	*

Tabla 6. Características comunes de las B.C.

Características comunes a todos los usos	
*Expansión por humedad según ISO 10545-10	Máximo 0,6 mm/m
*Resistencia al cuarteo según ISO 10545-11	Máximo 3 ciclos sin cuarteo
*Resistencia química según ISO10545-13 (tiempo de contacto según procedimiento para baldosas esmaltadas. A productos domésticos. B ácido y bases (baja concentración).	Máximo clase A Máximo clase LB
*Resistencia a las manchas según ISO 10545-14 (en baldosas no esmaltadas el ensayo se realiza sobre probetas abrasionadas a 600 revoluciones según ISO 10545-7)	Máximo clase 3 (método de limpieza C)
Solo para pavimentos: *Coeficiente de fricción dinámico en seco. Método del deslizador dinámico medido con equipo autopulsado.	≥0,4

Como resumen de todo lo tratado en este capítulo, se incluye el siguiente cuadro:

Tabla 7. Clasificación de las B.C.

Clasificación según su uso			
Identificador	Grupo de características	Tipos	Uso de baldosa
	Comunes		Todos los usos
1	Características Dimensionales	1	Todos los usos con junta.
		2	Pavimento sin junta.
		3	Paramento sin junta.
2	Características Mecánicas	1	Paramento.
		2	Pavimento tránsito peatonal leve.
		3	Pavimento tránsito peatonal moderado.
		4	Pavimento tránsito peatonal medio.
		5	Pavimento tránsito peatonal intenso.
		6	Pavimento tránsito peatonal muy intenso.
		7	Pavimento tráfico rodado.
3	Características Adicionales	Sin letra	Ningún requisito adicional.
		H	Higiénico.
		E	Exterior.
		EH	Exterior higiénico.
		A	Antideslizante.
		AH	Antideslizante higiénico.
		AE	Antideslizante exterior.
AEH	Antideslizante exterior higiénico.		

5.2 Selección de baldosas cerámicas

La adecuada selección de baldosas cerámicas para su colocación en un edificio es decisiva para obtener buenos resultados del producto durante la vida útil del edificio y la satisfacción del usuario.

El proceso de selección, tras la identificación de los locales a revestir, se estructura en las etapas que se contienen en los apartados siguientes:

- Obtención del código de local.
- Obtención del código de baldosa con especificación mínima.
- Elección del tipo de baldosa.

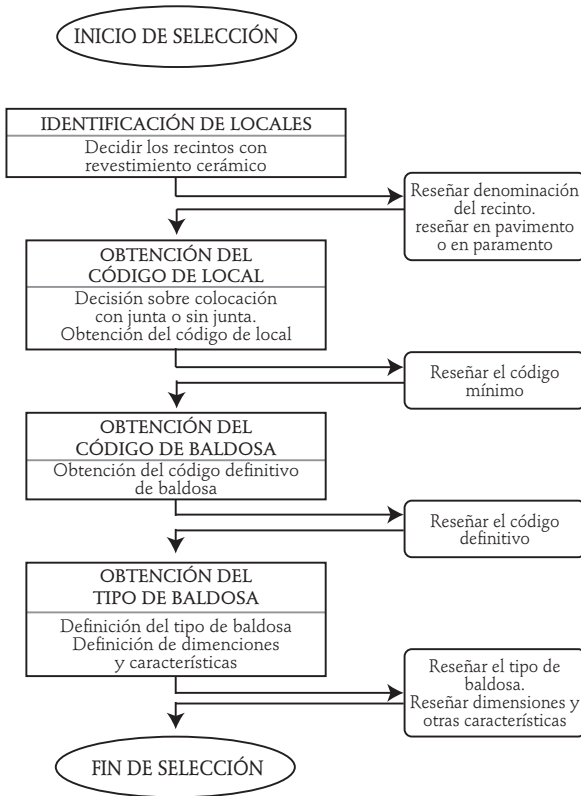


Figura 8. Diagrama de selección de BC.

5.2.1 Obtención del código de local

El sistema de clasificación de baldosas cerámicas según su uso permite asignar a cada producto un código que resume las características técnicas más importantes relacionadas con el uso. Para definir cada recinto, se ha utilizado la misma codificación, de forma que exista concordancia entre el código de las características técnicas mínimas para un determinado local y el código del producto o productos que satisfacen ese uso.

5.2.1.1 Juntas de colocación

Junta de colocación es la separación que se deja entre todas las baldosas cerámicas contiguas, ya sea intencionalmente por razones funcionales o estéticas, ya sea por la necesidad de compensar sus desviaciones dimensionales.

Las ventajas de las juntas de colocación son, entre otras:

Contribuir a absorber las deformaciones producidas por el soporte y moderar las tensiones que se generan en su parte inferior cuando son sometidos a carga. Si las baldosas se colocan en contacto y, por tanto, no existe la acción moderadora de las juntas, las tensiones acumuladas pueden llegar a producir el levantamiento de las baldosas.

Ejercer una importante función estética, realizando la belleza propia de las baldosas cerámicas. Las juntas de colocación pueden compensar las ligeras desviaciones dimensionales de las baldosas, haciendo que resulten inapreciables. El material de relleno puede colorearse para aumentar o disminuir el contraste de color de las baldosas. Las juntas pueden recibir un acabado plano, a ras de las baldosas, o cóncavo rehundido.

Permiten elegir, como consecuencia de las ventajas apuntadas en los anteriores párrafos, entre más tipos de baldosas cerámicas.

5.2.1.2 Tipos de edificios y locales

Edificios y Locales

- **Vivienda unifamiliar:** entendiéndose por ella a las aisladas, pareadas, en línea, etc., que están en contacto directo con el terreno o bien con acceso directo al exterior.
- **Vivienda colectiva:** o edificios de vivienda en altura con elementos comunes y ubicados preferentemente en medio urbano.
- **Residencial:** locales de uso en hoteles, residencias de estudiantes, tercera edad o cualquier uso residencial aunque esté ubicado en edificio de otro uso principal.
- **Administrativa y comercial:** locales de uso para oficinas o comercio en cualquier tipo de edificio.
- **Sanitario:** locales de uso sanitario en cualquier tipo de edificio.
- **Docente:** locales de uso para enseñanza, en edificios específicos o no.
- **Hostelería:** locales dedicados a restauración, almacenamiento, preparación y consumo de alimentos.
- **Otros locales de pública concurrencia:** locales para el transporte, estaciones, aeropuertos, transporte urbano, metro. Salón para recepciones, bailes, discotecas, actividades deportivas, juegos, salas de espera, salas de televisión, salas de juegos, bibliotecas, salas de lectura, museos, garajes y aparcamientos.
- **Áreas comunes de paso:** Locales tanto exteriores como interiores destinados al acceso y a la distribución.

- **Servicio, instalaciones:** locales auxiliares en cualquier tipo de edificio.
- **Piscinas o instalaciones asimilables:** locales con estas instalaciones.

5.2.2 Obtención del código de baldosa

Obtenido el código de especificación mínima del local o recinto considerado, se debe decidir el código definitivo de baldosa.

El código definitivo será el correspondiente al más exigente de los locales que quiere igualar. Así, si tiene una terraza, un comedor y un vestíbulo que quiera unificar en acabados, la baldosa que elija para los tres deberá satisfacer el más exigente y en los otros dos el código mínimo será así superado.

Debe tenerse en cuenta el carácter acumulativo de los dos primeros identificadores del código de baldosa. Es decir que un número mayor que el otro siempre supone mejores características.

En cuanto al tercer identificador, deberá satisfacerse la característica requerida por el uso. Por tanto, todas las combinaciones que contengan al menos la misma letra (o letras) que el tercer identificador del código mínimo serán válidas.

5.2.3 Elección del tipo de baldosa

Una vez reseñado el código definitivo de baldosa, en este apartado se indica qué tipos de baldosa se adaptan al código elegido. En cada recinto se obtendrán uno o más posibles tipos de baldosas que satisfacen un código, por lo que habrá que decidir entre ellos, dentro de los que se podrá encontrar un producto que cumpla los requisitos establecidos por el código de baldosa. Según la producción de baldosas, se ha clasificado la posibilidad en cada tipo:

Muy probable: un elevado porcentaje de la gama de productos que componen este tipo superan los requisitos del código establecido.

Probable: un porcentaje medio de la gama de productos que componen este tipo superan los requisitos del código establecido.

Improbable: sólo un pequeño porcentaje de la gama de productos que componen este tipo superan los requisitos del código establecido.

Tabla 8. Obtención de tipos de baldosa según códigos

Código	Azulejo	Pavimento gres	Gres porcelánico	Baldosin Catalán	Gres rústico	Barro Cocido	Código	Azulejo	Pavimento gres	Gres porcelánico	Baldosin Catalán	Gres rústico	Barro Cocido	Código	Azulejo	Pavimento gres	Gres porcelánico	Baldosin Catalán	Gres rústico	Barro Cocido	
3-1	■	■	■	■			2-1	■	■	■	■	■	■	1-1	■	■	■	■	■	■	■
3-1-H	■	■	■	■			2-1-H	■	■	■	■	■	■	1-1-H	■	■	■	■	■	■	■
3-1-E		■	■	■			2-1-E		■	■	■	■	■	1-1-E		■	■	■	■	■	■
3-1-EH		■	■	■			2-1-EH		■	■	■	■	■	1-1-EH		■	■	■	■	■	■
3-1-A	■	■	■	■			2-1-A	■	■	■	■	■	■	1-1-A	■	■	■	■	■	■	■
3-1-AH	■	■	■	■			2-1-AH	■	■	■	■	■	■	1-1-AH	■	■	■	■	■	■	■
3-1-AE		■	■	■			2-1-AE		■	■	■	■	■	1-1-AE		■	■	■	■	■	■
3-1-AEH		■	■	■			2-1-AEH		■	■	■	■	■	1-1-AEH		■	■	■	■	■	■
3-2		■	■	■			2-2		■	■	■	■	■	1-2		■	■	■	■	■	■
3-2-H		■	■	■			2-2-H		■	■	■	■	■	1-2-H		■	■	■	■	■	■
3-2-E		■	■	■			2-2-E		■	■	■	■	■	1-2-E		■	■	■	■	■	■
3-2-EH		■	■	■			2-2-EH		■	■	■	■	■	1-2-EH		■	■	■	■	■	■
3-2-A		■	■	■			2-2-A		■	■	■	■	■	1-2-A		■	■	■	■	■	■
3-2-AH		■	■	■			2-2-AH		■	■	■	■	■	1-2-AH		■	■	■	■	■	■
3-2-AE		■	■	■			2-2-AE		■	■	■	■	■	1-2-AE		■	■	■	■	■	■
3-2-AEH		■	■	■			2-2-AEH		■	■	■	■	■	1-2-AEH		■	■	■	■	■	■
3-3		■	■	■			2-3		■	■	■	■	■	1-3		■	■	■	■	■	■
3-3-H		■	■	■			2-3-H		■	■	■	■	■	1-3-H		■	■	■	■	■	■
3-3-E		■	■	■			2-3-E		■	■	■	■	■	1-3-E		■	■	■	■	■	■
3-3-EH		■	■	■			2-3-EH		■	■	■	■	■	1-3-EH		■	■	■	■	■	■
3-3-A		■	■	■			2-3-A		■	■	■	■	■	1-3-A		■	■	■	■	■	■
3-3-AH		■	■	■			2-3-AH		■	■	■	■	■	1-3-AH		■	■	■	■	■	■
3-3-AE		■	■	■			2-3-AE		■	■	■	■	■	1-3-AE		■	■	■	■	■	■
3-3-AEH		■	■	■			2-3-AEH		■	■	■	■	■	1-3-AEH		■	■	■	■	■	■
3-4		■	■	■			2-4		■	■	■	■	■	1-4		■	■	■	■	■	■
3-4-H		■	■	■			2-4-H		■	■	■	■	■	1-4H		■	■	■	■	■	■
3-4-E		■	■	■			2-4-E		■	■	■	■	■	1-4-E		■	■	■	■	■	■
3-4-EH		■	■	■			2-4-EH		■	■	■	■	■	1-4-EH		■	■	■	■	■	■
3-4-A		■	■	■			2-4-A		■	■	■	■	■	1-4-A		■	■	■	■	■	■
3-4-AH		■	■	■			2-4-AH		■	■	■	■	■	1-4-AH		■	■	■	■	■	■
3-4-AE		■	■	■			2-4-AE		■	■	■	■	■	1-4-AE		■	■	■	■	■	■
3-4-AEH		■	■	■			2-4-AEH		■	■	■	■	■	1-4-AEH		■	■	■	■	■	■
3-5		■	■	■			2-5		■	■	■	■	■	1-5		■	■	■	■	■	■
3-5-H		■	■	■			2-5-H		■	■	■	■	■	1-5-H		■	■	■	■	■	■
3-5-E		■	■	■			2-5-E		■	■	■	■	■	1-5-E		■	■	■	■	■	■
3-5-EH		■	■	■			2-5-EH		■	■	■	■	■	1-5-EH		■	■	■	■	■	■
3-5-A		■	■	■			2-5-A		■	■	■	■	■	1-5-A		■	■	■	■	■	■
3-5-AH		■	■	■			2-5-AH		■	■	■	■	■	1-5-AH		■	■	■	■	■	■
3-5-AE		■	■	■			2-5-AE		■	■	■	■	■	1-5-AE		■	■	■	■	■	■
3-5-AEH		■	■	■			2-5-AEH		■	■	■	■	■	1-5-AEH		■	■	■	■	■	■
3-6		■	■	■			2-6		■	■	■	■	■	1-6		■	■	■	■	■	■
3-6-H		■	■	■			2-6-H		■	■	■	■	■	1-6-H		■	■	■	■	■	■

Continuación tabla 8

Código	Azulejo	Pavimento gres	Gres porcelánico	Baldosín Catalán	Gres rústico	Barro Cocido	Código	Azulejo	Pavimento gres	Gres porcelánico	Baldosín Catalán	Gres rústico	Barro Cocido	Código	Azulejo	Pavimento gres	Gres porcelánico	Baldosín Catalán	Gres rústico	Barro Cocido
3-6-E	■	■					2-6-E	■	■					1-6-E	■	■				■
3-6-EH	■	■					2-6-EH	■	■					1-6-EH	■	■				■
3-6-A	■	■					2-6-A	■	■					1-6-A	■	■				■
3-6-AH	■	■					2-6-AH	■	■					1-6-AH	■	■				■
3-6-AE	■	■					2-6-AE	■	■					1-6-AE	■	■				■
3-6-AEH	■	■					2-6-AEH	■	■					1-6-AEH	■	■				■
3-7			■				2-7	■	■					1-7	■	■				■
3-7-H			■				2-7-H	■	■					1-7-H	■	■				■
3-7-E			■				2-7-E	■	■					1-7-E	■	■				■
3-7-FH			■				2-7-FH	■	■					1-7-FH	■	■				■
3-7-A			■				2-7-A	■	■					1-7-A	■	■				■
3-7-AH			■				2-7-AH	■	■					1-7-AH	■	■				■
3-7-AE			■				2-7-AE	■	■					1-7-AE	■	■				■
3-7-AEH			■				2-7-AEH	■	■					1-7-AEH	■	■				■

■ Muy probable
 ■ Probable
 □ improbable

5.3 El uso y mantenimiento de bc

En general, los revestimientos cerámicos se caracterizan por ser uno de los materiales que presentan mayor facilidad de uso y menos requerimientos de mantenimiento por su facilidad de limpieza.

Debido a la naturaleza de su superficie, los materiales cerámicos evitan los fenómenos de adherencia, y si esta se produce mediante un vehículo intermedio (grasa, etc.), es fácilmente eliminable por lavado con una solución diluida de detergente comercial. Solamente algunos productos porosos no esmaltados (baldosas de barro cocido y baldosín catalán) pueden requerir un tratamiento de impermeabilización superficial, para evitar la retención de manchas o la aparición de eflorescencias procedentes del mortero de cemento.

Al respecto, se desarrollan los siguientes apartados:

- Limpieza inicial al finalizar la instalación.
- Tratamientos superficiales de impermeabilización.
- Uso de embaldosado cerámico y mantenimiento habitual.
- Limpieza extraordinaria de manchas o incrustaciones.

5.3.1 Limpieza inicial al finalizar la obra

Una vez concluidas las operaciones de colocación y rejuntado, la superficie del material cerámico suele presentar restos de cemento en forma de película o pequeñas acumulaciones.

En la mayoría de los casos basta la limpieza con una solución ácida diluida (ej.: vinagre comercial) para eliminar dichos restos. Existen además, productos comerciales específicos para la limpieza de cemento, pero deben usarse con precaución ya que normalmente presentan concentraciones de ácido más elevadas.

Cuando se colocan productos porosos no esmaltados, es recomendable la aplicación de un producto antiadherente del cemento, previamente a las operaciones de rejuntado para evitar su retención y endurecimiento sobre la superficie del revestimiento. En cualquier caso debe tenerse especial cuidado al elegir el agente de limpieza, y si es posible, comprobar previamente su efecto sobre el material, ya que, en la mayoría de los casos, la aparición de daños en el revestimiento suele ser debida a la utilización de productos de limpieza excesivamente enérgicos (altas concentraciones) o inadecuados al tipo de superficie (uso de detergentes sólidos con partículas abrasivas sobre superficies brillantes).

Como norma general, siempre deben tenerse en cuenta las siguientes precauciones:

Nunca debe efectuarse una limpieza ácida sobre revestimientos recién colocados, porque el ácido reacciona con el cemento no fraguado, pudiendo deteriorar las juntas o depositar compuestos insolubles sobre la superficie del revestimiento.

Es conveniente impregnar la superficie con agua limpia previamente a cualquier tratamiento químico, para prevenir la posible absorción de los agentes utilizados por el material de rejuntado y por el soporte cerámico, y aclarar con agua inmediatamente después del tratamiento, para eliminar los restos de productos químicos.

Este tipo de operaciones deben ser realizadas por personal experimentado, teniendo en cuenta las características del revestimiento y las recomendaciones del fabricante.

5.3.2 Tratamientos superficiales de impermeabilización

En el caso de revestimientos porosos, es habitual aplicar tratamientos superficiales de impermeabilización con líquidos hidrófugos y ceras para mejorar su comportamiento frente a las manchas y evitar la aparición de eflorescencias procedentes del mortero de cemento. Estos tratamientos, que pueden ser previos o posteriores a la colocación, dependen de las condiciones de utilización del material y en ocasiones se utilizan además para modificar las propiedades estéticas del producto, pudiéndose elegir el acabado (tono y color) y la textura superficial deseada (mate o pulida).

En función del volumen de tránsito que soporte el material, cada cierto tiempo puede ser necesario repetir la aplicación final de cera para recuperar el aspecto inicial del material.

En cada caso, es recomendable consultar al fabricante acerca de qué productos y tratamientos de impermeabilización serán los más adecuados, dependiendo si se trata de revestimientos de interior o exterior.

5.3.3 Uso y mantenimiento habitual de embaldosado cerámico

5.3.3.1 El uso

En el uso de pavimento se pueden dar como pautas generales:

Evitar abrasivos, golpes y punzonamientos, los cuales pueden rayar, romper o deteriorar las superficies del pavimento.

Evitar contacto con productos que deterioren su superficie. A este respecto, pueden considerarse incluidos productos como los ácidos fuertes (sulfumán).

No es conveniente el encharcamiento de agua que por filtración puede afectar al forjado y las armaduras del mismo o manifestarse en el techo de la vivienda inferior y afectar a los acabados e instalaciones.

En el uso del paramento, se pueden dar como pautas generales:
Evitar roces y punzonamientos.

No sujetar elementos pesados en el revestimiento. Es necesario profundizar hasta encontrar los tabiques. En la colocación en capa gruesa, verificar que la sujeción se produce en donde existe mortero. Se tendrá especial cuidado en no perforar las instalaciones empotradas.

5.3.3.2 El mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento, en casos habituales, consistirán en limpieza periódica mediante un lavado con agua o una solución diluida de detergente, siendo suficiente para devolver al revestimiento sus características originales.

La aparición de manchas negras o verduscas, normalmente se debe a la aparición de hongos por existencia de humedad en el recubrimiento. Para eliminarlos, se debe limpiar, lo más pronto posible, con lejía doméstica (comprobar previamente su efecto sobre una baldosa). Debe identificar y eliminar las causas de la humedad.

5.3.3.3 Reposición

Al concluir la obra, es conveniente que el propietario disponga de una reserva de cada tipo de revestimiento, equivalente al uno por ciento (1%) del material colocado, para posibles reposiciones.

Las reparaciones del revestimiento o sus materiales componentes, ya sea por deterioro u otras causas, se realizarán con los mismos materiales utilizados en el original.

5.3.4 Limpieza extraordinaria de manchas e incrustaciones

En algunas ocasiones, algunos productos que son colorantes enérgicos, pueden derramarse o entrar en contacto de forma fortuita con la superficie del revestimiento produciendo manchas o incrustaciones que no pueden ser eliminadas mediante las operaciones usuales de limpieza.

En estos casos debe recurrirse a la utilización de agentes de limpieza y procedimientos específicos, cuya elección debe realizarse con precaución y teniendo en cuenta el tipo revestimiento y la naturaleza de la mancha. Es recomendable antes de intentar eliminar una mancha con un procedimiento enérgico, comprobar su efecto sobre la superficie del revestimiento y el material de rejuntado, para prevenir degradaciones químicas o acciones mecánicas que pueden deteriorar aún más el estado de la instalación.

En la mayoría de los casos, la utilización de productos domésticos es suficiente para eliminar los tipos de manchas más habituales. En la tabla 9 se detallan los productos de limpieza más adecuados a cada tipo de mancha.

5.4 Métodos de ensayo

A continuación se describen los procedimientos de ensayo para la evaluación de las características de las baldosas cerámicas.

5.4.1 Determinación de las características dimensionales

Este ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la norma ISO 10545-2, “Baldosas cerámicas. Determinación de las características dimensionales y el aspecto superficial”, que consiste en medir, sobre un muestra de diez baldosas, la longitud, anchura, grosor, rectitud de lados, ortogonalidad y planitud de superficie (curvatura central, curvatura lateral y alabeo).

Tabla 9. Mantenimiento de las BC.

Tipo de mancha	Agente de limpieza
Cementerio y residuos calcáreos	Ácidos orgánicos diluidos (vinagre)
Depósito de óxidos	Ácido fosfórico
Aceites	Alcohol etílico
Grasas	Bicarbonato y agua Tricloroetilino
Alquitrán o betún	Tricloroetilino
Pintura	Disolvente específico
Goma o caucho	Disolventes orgánicos
Cerveza o vino	Detergentes alcalinos
Yodo	Agua oxigenada (H ₂ O ₂)
Sangre	Agua oxigenada (H ₂ O ₂) Hipoclorito sódico diluido (lejía)
Café, té o zumos	Detergente de agua caliente seguido de agua caliente o hipoclorito sólido (lejía)
Tinta o mercromina	Hipoclorito sódico diluido (lejía)

5.4.2 Determinación de la resistencia a la flexión

El ensayo se realiza siguiendo el método descrito por la norma ISO 10545-4, “Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la flexión y de la fuerza de rotura”, que consiste en determinar sobre una muestra de siete baldosas, en las condiciones establecidas en esa norma: la carga de rotura expresada en N, necesaria para romper la baldosas; la fuerza de rotura, expresada en N, obtenida multiplicando la carga de rotura por la distancia entre apoyos y dividiendo por la anchura de las baldosas; la resistencia a la flexión, expresada en N/mm², obtenida dividiendo la fuerza de rotura por el grosor mínimo en la línea de rotura de la baldosa.

5.4.3 Determinación de la resistencia a la abrasión superficial

El ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la norma ISO 10545-7 “Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la abrasión. Baldosas esmaltadas”, que consiste en someter la superficie vista de once probetas de 100 mm x 100 mm, 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, 1500, 2100, 6000 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 1500 revoluciones se sometan a un ensayo de resistencia a las manchas, según la norma ISO 10545-14.

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

Para evaluar la pérdida de brillo especular producida por la abrasión, deben compararse los perfiles de brillo de una probeta de 100 mm x 100 mm, representativa de la muestra, obtenidos antes y después de someter la probeta a 600 revoluciones en un abrasímetro estándar según el procedimiento citado.

Para cada uno de los perfiles se realizan 15 medidas de brillo a 60° distribuidas sobre una línea central de la probeta, a intervalos de 5 mm, comenzando a una distancia de 15 mm de la arista.

Para asegurar que las medidas de brillo antes y después de la abrasión se realizan en las mismas posiciones, debe utilizarse un sistema de referencia graduado (una regla o dispositivo equivalente).

Para las medidas de brillo se utiliza un reflectómetro estándar (ISO 2813).

A efectos del sistema de clasificación propuesto, se toma el valor medio de las diferencias de brillo a 60° en cada una de las 15 posiciones de la probeta.

5.4.4 Determinación de la resistencia a la abrasión profunda

Este ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la norma ISO 10545-6, "Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la abrasión profunda. Baldosas no esmaltadas", que consiste en efectuar una huella sobre la superficie vista de cinco probetas de 100 mm x 100 mm, mediante un disco de acero perpendicular a la superficie ensayada, girando durante 150 revoluciones.

Entre el disco de acero y la superficie de la baldosa se deja caer un caudal constante de corindón de granulometría FEPA 80, como agente abrasivo.

Finalizado el ensayo, se mide la huella obtenida y se calcula mediante una tabla el volumen de masa perdida.

5.4.5 Determinación de la expansión por humedad usando agua hirviendo

El ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la norma ISO 10545-10, "Baldosas cerámicas. Determinación de la expansión por humedad usando agua hirviendo", que consiste en determinar la variación de longitud de cinco probetas, después de un recocido a 550°C y un tratamiento posterior con agua hirviendo durante 24 horas.

5.4.6 Determinación de la resistencia al cuarteo. Baldosas esmaltadas

El ensayo se realiza siguiendo el procedimiento descrito en la norma ISO 10545-11, "Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia al cuarteo. Baldosas esmaltadas", que consiste en someter a las baldosas, después de un recocido previo de dos horas a $500 \pm 15^\circ\text{C}$, a una presión de vapor de agua de $5,1 \text{ kg/cm}^2$ en autoclave durante dos horas.

A efectos del requisito mínimo establecido, el ciclo de autoclave debe realizarse tres veces y comprobar que las baldosas no presentan cuarteo, tiñendo la superficie con una solución de azul de metileno, para facilitar la observación del defecto en caso de aparición.

5.4.7 Determinación de la resistencia química

Este ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la norma ISO 10545-13, “Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia química”, que consiste en la aplicación sobre la superficie de las probetas (cinco para cada reactivo) de cada reactivo durante 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. Para mantener el criterio de clasificación de los productos sobre la base de su prestación en condiciones reales de uso, es necesario utilizar un único método de evaluación de la resistencia química que no dependa del tipo de producto y, por tanto, se ha decidido unificar los tiempos de contacto para todos los materiales. La concentración de las soluciones utilizadas y sus tiempos de permanencia sobre las probetas se detallan en la tabla 10:

Tabla 10. Resistencia química de las BC.

	Reactivo	Concentración	Tiempo de contacto
Productos domésticos de limpieza	Cloruro amónico	100 g/l	24 horas
Aditivos para piscinas	Hipoclorito sódico	20 mg/l	24 horas
Ácidos y alcalis en baja concentración	Ácido cítrico	100 g/l	24 horas
	Ácido clorhídrico	3% (v/v)	4 días
	Hidróxido potásico	30 g/l	4 días
Ácidos y alcalis en alta concentración	Ácido láctico	5% (v/v)	4 días
	Ácido clorhídrico	18% (v/v)	4 días
	Hidróxido potásico	100g/l	4 días

Las probetas no esmaltadas se someten con posterioridad a un tratamiento de cinco días en agua corriente, y de agua en ebullición durante 30 minutos.

5.4.8 Determinación de la resistencia al deslizamiento

El ensayo de resistencia al deslizamiento se realiza sobre un número suficiente de baldosas para cubrir un 1 m de longitud, utilizando un equipo autopropulsado que se desliza a 17 mm/s (ISO/DIS 10545-17 Método A).

El aparato registra, durante su recorrido sobre las baldosas, la fuerza que oponen éstas al deslizamiento de una probeta de caucho normalizado tipo “4S RUBBER” de 9 mm de diámetro, que soporta una masa de 200 g.

Los valores suministrados por el equipo son los del coeficiente de fricción expresados como la resistencia que oponen las baldosas al deslizamiento de la probeta sobre su superficie, dividida por la carga aplicada sobre ella. Este ensayo se efectúa, en primer lugar, sobre las baldosas secas y, a continuación, sobre las mismas previamente mojas con agua destilada.

5.4.9 Determinación de la resistencia al rayado superficial según Mohs

La norma EN-UNE 101, “Baldosas cerámicas. Determinación de la dureza al rayado de la superficie según Mohs” ha sido anulada y la norma ISO 10545 no incluye este método de ensayo. Sin embargo, se estima útil hacer parcialmente esta determinación a efectos de la asignación del segundo identificador (características mecánicas).

El ensayo se realiza siguiendo el procedimiento descrito en la citada norma EN-UNE, que consiste en trazar cuatro rayas sobre la superficie de la cara vista de las baldosas con fragmentos rotos recientemente de los minerales de la escala de Mohs; a la superficie ensayada se la asigna el valor del mineral de mayor dureza que, como máximo, haya hecho una raya apreciable a simple vista. Debido a la baja reproducibilidad del método de ensayo solo se consideran los escalones 4 y 6, correspondientes a los minerales fluorita y ortosa, respectivamente.

5.4.10 Determinación de la resistencia a las manchas

Este ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la norma ISO 10545-14, “Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a las manchas”, que consiste en la aplicación sobre la superficie de las probetas (cinco para cada reactivo) de unas gotas de los siguientes reactivos:

Tabla 11. Resistencia a manchas de las BC.

Solución de ensayo	Tiempo de contacto
Solución de yodo.13 g/l	24h
Óxido de cromo / hierro + Aceite ligero	24h
Aceite de oliva	24h

Tras el ensayo, se procede a la limpieza de las probetas utilizando los siguientes métodos:

Tabla 12. Métodos de limpieza de las BC.

Método de limpieza	Descripción
Método A	Agua cortante caliente durante 5 min. y posterior secado con gamuza.
Método B	Limpieza manual empleando un agente de limpieza comercial no abrasivo frotando con una esponja no abrasiva. Lavar con agua y secar con gamuza.
Método C	Limpieza mecánica con cepillo rotatorio y agente de limpieza comercial abrasivo. Durante 2 min. Lavar con agua y secado con gamuza.
Método D	Inmersión durante 24h con un disolvente adecuado: solución de HCL al 36%, solución de KOH 100g/l. Acetona o tricloroetileno. Lavar con agua y secar con gamuza.

Las probetas evaluadas visualmente tras cada método de limpieza se clasifican según el siguiente esquema:

Tabla 13. Clasificación de las manchas en las BC.

Evaluación	Clasificación
Mancha eliminada con el método A	5
Mancha eliminada con el método B	4
Mancha eliminada con el método C	3
Mancha eliminada con el método D	2
Mancha persistente	1

La norma admite, en el caso de baldosas no esmaltadas (UGL), que se realice el ensayo sobre probetas abrasionadas según el procedimiento descrito en la norma ISO 10545-7, por lo que, a efectos del sistema de clasificación propuesto en esta guía, para evaluar la resistencia a las manchas de baldosas no esmaltadas se realizará el ensayo sobre una probeta abrasionada durante 600 revoluciones.

5.4.8 Determinación de la adherencia del material de agarre

Este ensayo se realiza siguiendo el método descrito en la monografía N°403 del ICCET, “Guía Técnica UEAtc para la evaluación de colas para revestimientos cerámicos”, que consiste en medir la fuerza de arranque mediante un ensayo de tracción perpendicular a la superficie, con una aplicación de carga de 100N/s.

Los ensayos se realizan instalando dos tipos de baldosas cerámicas (azulejos de pasta blanca $10\% < E < 15\%$ y losetas de gres $E < 0,5\%$) sobre una losa de hormigón previamente fraguada, utilizando el adhesivo a ensayar.

Los ensayos de adherencia inicial se realizan después de 3 y 28 días de conservación en condiciones ambientales. Además, para comprobar la durabilidad del adhesivo, en algunos casos se realizan los ensayos de tracción después de una serie de tratamientos de envejecimiento acelerado (calentamiento a 60°C , inmersión en agua y ensayos de hielo-deshielo).

5.5 Caso de aplicación: fricción y desgaste de baldosas cerámicas

La resistencia a la abrasión superficial de pavimentos y revestimientos cerámicos es la propiedad más crítica que se exige a los pavimentos de tipo cerámico de todo tipo: gres rústico, gres vidriado, gres porcelánico (mate

o pulido), gres porcelánico vidriado o no vidriado y, por último, a los recubrimientos de tipo vitrocerámico. Generalmente, los fabricantes de este tipo de materiales aceptan como control la resistencia a la abrasión por el método PEI (Product Enameler Institute), que consiste en determinar la pérdida del brillo de la superficie en función de las revoluciones que soporta la misma, sometida a desgaste en húmedo por una distribución uniforme de bolas de acero y polvo de alúmina. Este procedimiento presenta innumerables dificultades para permitir una evaluación científica y realmente comparativa entre los diversos tipos de plaquetas cerámicas. Tiene, además, el inconveniente de la dificultad de permitir distinguir entre piezas con niveles de PEI intermedios. Desde hace unos años se vienen realizando numerosos intentos por encontrar métodos alternativos o más completos para evaluar la resistencia a la abrasión y la textura superficial (rugosidad). En este sentido, se han utilizado previamente equipos de tribología pin-on-disk para determinar la resistencia al rayado lineal de plaquetas cerámicas como método más preciso que la simple determinación por el, bien conocido y tradicional en años anteriores, método Mohs.

Los ensayos de fricción realizados sobre plaquetas comerciales permiten representar el coeficiente de fricción (μ) en función de las revoluciones por minuto o ciclos que realiza el pin contactando sobre la superficie de la muestra. El valor de μ se incrementa al comienzo por efecto del contacto sobre la muestra en el caso de muestras con superficies más blandas, manteniendo un cierto coeficiente de fricción hasta que por efecto de desgaste producido por el rozamiento dicho coeficiente disminuye a partir de ciertas revoluciones. Esta bajada producida por el desgaste es muy brusca en unos casos, mientras que en otro tipo de plaquetas la bajada de μ por efecto del desgaste es muy lenta al aumentar el número de ciclos (Fig. 1b). En otros casos, la bajada del coeficiente de fricción tiene lugar con una pendiente intermedia.

Dado que se han observado distintos hábitos en las curvas de fricción en función de los ciclos o vueltas aplicadas, consecuentemente debido a la falta de correlación entre el coeficiente de fricción y otras propiedades de desgaste, se han calculado otros tipos de índices, que permitiesen aplicar un “factor de desgaste” para este tipo de materiales. Así, se ha ensayado el denominado “wear index” como: $WI = (\mu_{\max} - \mu_{\text{estabilizada}}) / \text{ciclos (revoluciones)}$. Refiriéndose el parámetro: ciclos, a las revoluciones en el que los valores del índice de fricción alcanzan su valor máximo o comienzan a estabilizar su valor debido al desgaste.

De la misma manera, se ha considerado un denominado “factor geométrico de desgaste”: $Wg = \text{profundidad de la huella} / \text{máximo n}^\circ \text{ de revoluciones aplicadas en el ensayo de “pin-on-disk”}$, e incluso $Wg (St) =$

(profundidad $\times L / 2$) / n° revoluciones, en donde L representa la anchura en la profundidad media de la huella de desgaste. Hasta ahora, en ningún caso se han obtenido resultados significativos con la aplicación del cálculo de este tipo de parámetros, lo cual no implica que no exista este tipo de correlación, por lo que se continúan este tipo de investigaciones para encontrar el modo de cuantificar el comportamiento diferencial de estas plaquetas cerámicas que, de hecho, se ha observado de una manera cualitativa entre los diversos tipos de materiales ensayados en este caso.

Por estudios realizados en diferentes revestimientos cerámicos se comprueba que la aplicación de ensayos de “pinon- disk”, que se basan en realizar contactos dinámicos bajo una carga determinada con puntas de diversos materiales con diferente dureza sobre la superficie de plaquetas cerámicas, puede permitir comparar el comportamiento frente a la fricción de la superficie de este tipo de materiales de construcción.

Aunque el problema de la cuantificación de los datos que se obtienen persiste, aun así, este método puede aportar valiosa información sobre el comportamiento frente al deslizamiento y a la abrasión de estos materiales. En cualquier caso, se han comprobado diferencias de comportamiento que están relacionadas con la naturaleza de la superficie y el tipo de material ensayado.

2

GRES
PORCELÁNICO

6 Gres porcelánico

6.1 Introducción

El gres porcelánico es un producto vitrificado en toda su masa y muy compacto, que presenta como característica esencial una porosidad extremadamente baja. Esto le confiere excelentes propiedades mecánicas y químicas, resistentes a la helada, lo que lo hace útil para su uso como pavimento o revestimiento exterior en zonas frías.

También presenta una gran resistencia a los agentes químicos y los productos de limpieza y además mantiene una muy buena resistencia a la abrasión y con un elevado módulo de rotura, lo que facilita su uso en ambientes de intenso tráfico peatonal o en entornos industriales. A ello hay que añadir la facilidad de su limpieza, lo que le convierte en un material idóneo para la pavimentación de espacios donde la higiene es primordial.

La búsqueda de nuevos efectos ha dado lugar a toda una serie de tratamientos del producto final, como el pulido, permitiendo el desarrollo de dos variedades de gres porcelánico: el natural y el pulido. El porcelánico natural o sin pulir (no recibe ningún tratamiento tras su cocción) presenta un aspecto natural llegando a imitar a las piedras que se encuentra en la propia naturaleza, como las pizarras, los mármoles, los adoquines.

Si el porcelánico es pulido, una vez finalizada la fase de cocción del producto, se pule la pieza adquiriendo un aspecto extremadamente brillante, imitando los efectos superficiales de cualquier mármol pulido.

Otro tratamiento del producto final es el rectificado del gres porcelánico, que hoy día también se está aplicando a otro tipo de materiales cerámicos. El rectificado permite la modificación de las dimensiones de las piezas, eliminando de esta manera los problemas de estabilidad dimensional, además que le confiere una geometría muy regular.

El biselado de los cantos de las piezas o la eliminación de las juntas laterales de las mismas es otro tratamiento importante en la actualidad. Posibilita su colocación sin juntas de separación, logrando un efecto estético final de gran calidad.

Otra variedad de gres porcelánico que ha cristalizado en los últimos tres años en el mercado internacional es el pavimento de base porcelánica (sobre todo para aprovechar las propiedades de resistencia a la helada y baja absorción de agua) conocido por el gres porcelánico esmaltado. El producto se ha consolidado como una alternativa a los productos cerámicos esmaltados y es una posibilidad más para los fabricantes hasta la fecha de gres porcelánico “tradicional”.

Su producción se está generalizando internacionalmente puesto que con la tecnología de la monococción se puede conseguir un producto de altas prestaciones técnicas. También recibe los tratamientos de pulido, rectificado, satinado o biselado de los cantos.

Aspecto

El cuerpo de la baldosa es del color resultante de la adición a su masa de colorantes, con distribución uniforme o granular. Es de grano fino y homogéneo, no siendo apreciables a simple vista los elementos no homogéneos (granos, inclusiones, poros). La cara vista, de la misma materia que el cuerpo, puede ser de color liso, moteada, marmoleada o decorada. Las superficies y aristas son regulares y bien acabadas. La forma actualmente predominante es cuadrada, con proporción menor de la rectangular. Las piezas especiales más usuales son los peldaños y los rodapiés.

Uso

Las baldosas de gres porcelánico pueden utilizarse tal como resultan tras la cocción o someterse la cara vista a un proceso de pulido, que le da brillo y lisura. La cara vista puede tener relieves con fines decorativos (similares a los de piedras naturales) o antideslizantes (puntas de diamante, estrías, ángulos).

Últimas tendencias del gres porcelánico

Desarrollo de los grandes formatos llegando a alcanzar los 90 cm x 120 cm. Estas dimensiones del gres porcelánico están abriendo nuevas posibilidades en la sustitución de las piedras naturales de las fachadas, encimeras de cocinas y baños. La investigación avanza en sus efectos decorativos potenciándose productos de carácter rústico y los mosaicos. Recibe múltiples tratamientos superficiales para conseguir innovadores efectos, como el rectificado, el pulido, el satinado, etc. Las piezas complementarias cada vez están más trabajadas en los que destaca el desarrollo de los relieves. Además, se crean sistemas de cenefas de piezas pre-cortadas y compuestas en una malla, permitiendo la creación de rosetones ricos y complejos.

Porcelanato

El porcelanato es un producto cerámico obtenido a través de la utilización de materias primas de gran pureza, sometidas a un tratamiento térmico superior a 1200° C. El porcelanato es compacto, homogéneo, denso y totalmente vitrificado. Sus grandes ventajas son: alta resistencia a la

abrasión, resistencia al frío, ácidos y álcalis solo para los productos en versión industrial (con excepción del ácido fluorhídrico y sus derivados), alta durabilidad comparado con las piedras naturales y otros tipos de cerámica, colores uniformes y totalmente impermeable. Por su gran durabilidad, el porcelanato está especialmente indicado para ambientes de alto tráfico como escuelas, hospitales, centros comerciales, aeropuertos, industrias y supermercados. Por poseer gran estabilidad en sus colores y prácticamente ausencia de expansión por humedad, es un revestimiento adecuado para su uso también en fachadas. La belleza y versatilidad en la combinación de sus colores hacen del porcelanato un revestimiento ideal para ambientes residenciales donde la estética es fundamental.

El porcelanato es comercializado en versión esmaltada y natural, y está disponible en varios formatos.

El gres porcelánico es el tipo de baldosa que más crece en el mercado internacional de materiales de revestimiento cerámico. En el contexto del mundo de pavimentos y revestimientos cerámicos, hay que indicar que en los últimos años la fabricación de baldosas cerámicas va creciendo mundialmente, donde la mayor demanda se dirige hacia lo que se denominan baldosas de gres porcelánico, por presentar estos productos una menor porosidad abierta y también mayor resistencia mecánica, haciéndolos útiles para su colocación en ambientes abiertos (exteriores), siendo más resistentes a las inclemencias del ambiente (humedad, temperatura y resistencia al desgaste).

Es importante anotar que, a pesar de que la cara vista de la baldosa oculta la naturaleza del soporte, los consumidores tienen cierta predisposición a los soportes de pasta blanca, asumiendo que se trata de productos de mayor calidad, a pesar de que técnicamente la calidad no está en el color, sino en la porosidad y el grado de sinterización de la pieza.

Por otra parte, España e Italia han sido los países con mayor tradición en la fabricación cerámica, alcanzando altas cotas de producción, con alta calidad y diseño. Esto ha permitido exportar gran volumen de su fabricación (más del 60%). No obstante, las condiciones socioeconómicas que actualmente se viven (fuerte competencia de terceros países), derivada de motivos como la valorización del euro frente al dólar USA, costos salariales (costos de producción), la legislación medioambiental estricta (normas europeas), el fuerte incremento de la energía (alto costos del gas natural) y la necesidad de importar materias primas (arcillas de Ucrania, feldespatos sódicos de Turquía), hacen menos competitivos los productos europeos en mercados internacionales (fuera de la Unión Europea).

El mercado colombiano, durante los últimos años, ha sufrido unos cambios radicales en lo referente a las variables en la toma de decisiones para la remodelación y construcción. Las viviendas se han convertido en una extensión de la personalidad. La tendencia generalizada es invertir una mayor cantidad de tiempo y dinero al momento de tomar una decisión de compra que involucre artículos para el hogar.

Dentro de estos cambios se encuentra el porcelanato, el cual en el mercado nacional ha logrado posicionarse ante el consumidor como un producto de tendencia, con características técnicas y decorativas superiores a la cerámica. El porcelanato en el mercado colombiano se ha convertido en un producto de alta demanda, con mayor valor agregado, que en muchos de los casos puede superar ampliamente el precio de la cerámica tradicional.

6.2 Aspectos fundamentales del gres porcelánico

Los pavimentos y revestimientos cerámicos, denominados baldosas cerámicas, son piezas fabricadas con materiales arcillosos e inertes, con porosidad variable, las cuales se producen mediante molturación, atomizado, prensado, secado, esmaltado y cocción.

Adicional al soporte, normalmente las piezas cerámicas son esmaltadas, para lo cual se hace necesario de forma inicial hacer una aplicación de engobe, el cual es una cubierta a base de arcillas y materias primas de naturaleza vítrea (frita) que sirve de acoplamiento entre el soporte y el esmalte. El esmalte es una capa de vidriado que cubre la superficie de la pieza y otorga las propiedades técnicas y estéticas, tales como impermeabilidad, brillo, textura superficial, resistencias química y mecánica.

De acuerdo con el uso, la pasta usada para la fabricación de baldosas cerámicas presentan características en función de las propiedades exigidas, siendo así: porosa, gres y gres porcelánico.

El gres porcelánico es un producto que se caracteriza por ser un material no vidriado, de porosidad abierta inferior al 0,5% (ISO 13006 – NTC 919, grupo B1a-Tabla 14), pero generalmente no superior al 0,1%; con alta resistencia a la abrasión (dureza superficial), elevada resistencia mecánica a la flexión y a la compresión, resistencia al ataque químico, a las manchas y al frío; siendo estas propiedades ligadas fundamentalmente a las materias primas y la temperatura de cocción.

Tabla 14. Clasificación del gres porcelánico de acuerdo con la norma ISO 13006-NTC 919

Conformado	Absorción de agua							
	Grupo 1 ≤ 3%	Antigua en	Grupo IIA 3%-6%	Antigua en	Grupo IIB 6%-10%	Antigua en	Grupo III >10%	Antigua en
A Extrusión	Grupo A1	En 121	Grupo Alla1	En 186/1	Grupo AIIB1	En 187/1	Grupo AIII	En 188
			Grupo Alla 2	En 186/2	Grupo AIIB2	En 187/2		
B Prensado en seco	Grupo Bla ≤ 0,5%	En 176	En 177	En 177	Grupo BIIB	En 178	Grupo BIII	En 159

Las pastas de gres porcelánico consisten principalmente en una mezcla de arcillas plásticas (ball clays) (30%-40%), feldespatos alcalinos (40%-50%) y arenas de cuarzo (10%-15%). La composición química puede variar en función del tipo de fundentes (feldespatos sódicos o potásicos) y del posible uso de potenciadores en la sinterización (es decir, compuestos alcalinotérreos, como dolomita, talco o wollastonita) o fritas vitrocerámicas (por ejemplo, los sistemas $\text{CaO-ZrO}_2\text{-SiO}_2$, CaO-MgO-SiO_2 , $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$).

Los minerales arcillosos son de naturaleza illítico-caolinítica o montmorillonítica que confieren plasticidad; arcillas caoliníticas que otorgan al producto estabilidad térmica, con coeficientes de expansión térmica acordes con los del esmalte (contracción lineal).

Hay muchos campos en los cuales la illita juega un papel importante. Este mineral es uno de los materiales mayoritarios que componen las arcillas empleadas en las cerámicas tradicionales para la producción de bloques, baldosas y material de cocina. El campo de mayor importancia en el cual se aplica es la producción de gres porcelánico.

La illita se refiere a un mineral dioctahédrico, no expandible, tipo mica, de naturaleza aluminio – potásica, que, junto con la caolinita, la clorita y la esmectita, es una de las cuatro fases principales de las arcillas sedimentarias. Su presencia en el mineral arcilloso produce mayores porcentajes de fase vítrea, disminuyendo la absorción de agua.

Considerando que aún se conoce poco acerca de la naturaleza y estabilidad de la illita, ésta se encuentra relacionada con las moscovitas. Una fórmula aproximada para la Illita, deducida de estudios de materias primas naturales puede ser escrita como $K_{0,88}Al_2(Si_{3,12}Al_{0,88})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$. Un ejemplo de un análisis químico de una muestra de illita pura de Kaube (Japón) es: SiO_2 47,4%, TiO_2 0,23%, Al_2O_3 35,60%, Fe_2O_3 1,50%, MgO 0,30 %, CaO 0,02%, Na_2O 0,53%, K_2O 9,12%.

Al emplear mezclas con diferentes composiciones de arcillas ricas en caolinita e illita, se inhibe la cristalización de cristobalita en cuerpos ricos en illita. Por otra parte, en las que contenían caolinita se observan cristalizaciones de mullita y cristobalita.

Cuando la proporción de arcilla illítica disminuye en el mineral arcilloso, la compresión lineal disminuye a causa de la deformación piropioplástica.

La deformación piropioplástica puede definirse como la pérdida de forma de un producto durante su cocción, esto es, el encorvamiento de una baldosa cerámica causada por la gravedad durante el tratamiento térmico.

La piropioplaticidad está relacionada con un exceso de fases líquidas formadas durante la cocción o con una viscosidad reducida de las fases producidas. La deformación piropioplástica sucede con mayor frecuencia en sistemas formados por pastas altamente vitrificadas, como las baldosas cerámicas. La presencia de illita inhibe la formación de mullita y cristobalita, debido a que la sílica y la alúmina tienden a formar un vidrio alcalino.

La magnitud de la deformación piropioplástica se define por el índice piropioplástico (IP), que indica la tendencia a la deformación de una probeta con unas dimensiones determinadas por la gravedad durante su cocción bajo unas condiciones específicas. El procedimiento utilizado para determinar el índice de piropioplaticidad consiste en medir la curvatura de una probeta apoyada en dos soportes refractarios durante su cocción: donde s es la deformación máxima (cm), b es el grosor de la barra (cm) y l es la distancia entre los soportes (cm). La deformación piropioplástica se desarrolla en función de la vitrificación del soporte cerámico durante su cocción. Ya que la temperatura del soporte cerámico aumenta dentro del horno, existe un aumento gradual de la cantidad de fase líquida que se forma en él. Las fases líquidas se desarrollan debido a la fusión parcial de los componentes más fundentes de las pastas. A medida que sube la temperatura, los componentes más refractarios se disuelven progresivamente en las fases líquidas, aumentando considerablemente el volumen de las últimas.

La temperatura de la zona de la cocción, la velocidad de calentamiento y el tiempo durante el cual las probetas permanecen a la temperatura máxima son variables que pueden afectar la deformación piropiástica, porque ésta depende del trabajo térmico al cual se someten las probetas.

El cuarzo es un componente equilibrador de la viscosidad y de los flujos vítreos cuando participa en la fusión con los feldespatos; en caso de que no participe en las reacciones, constituye la matriz base de la fase cristalina presente en el producto acabado. Comúnmente se sustituye por arena feldespática, que confiere mayor resistencia mecánica en crudo y en cocido, y que además regula los coeficientes de expansión térmica.

El feldespato, aparte de brindar resistencia mecánica a la pieza, durante la cocción, la fundencia y la capacidad de formar eutécticos con otros componentes, permiten obtener una densificación alta incluso a temperaturas bajas. La característica principal que origina estas propiedades es el contenido alcalino en el mineral. La proporción teórica de los óxidos potásicos y sódicos en los feldespatos potásicos y sódicos es de 16,9% y 11,8% en peso, respectivamente. A medida que la proporción alcalina se acerca al valor teórico, aumenta el valor comercial del feldespato. La proporción de feldespato utilizada en los materiales cerámicos depende de su característica fundente, es decir, la cantidad de alcalinos presentes en el mineral utilizado.

Los feldespatos se utilizan en gran parte en los materiales cerámicos de alta densificación como el gres porcelánico, la porcelana vítrea, las porcelanas y las baldosas semigresificadas. Feldespato es el término general para designar un grupo de silicatos anhidros, compuestos por aluminio y proporciones variables de Na, K y Ca. Las principales especies de feldespato son ortoclasa y microclina ($K_2O \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), albita ($\text{Na}_2\text{O} \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) y anortita ($\text{CaO} \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).

El uso del talco en las pastas cerámicas genera un aumento en la resistencia mecánica, aumenta la resistencia a las manchas, reduce el coeficiente de dilatación térmica y aumenta la blancura en presencia del dióxido de circonio. En formulaciones que contengan entre el 2% al 5% no afecta sobre la cantidad de mullita pero produce un aumento en el módulo de ruptura. Pero adiciones superiores al 5% incrementan la cantidad de mullita. En conjunto con el feldespato sódico, forma un eutéctico que disminuye la temperatura de vitrificación en ciclos rápidos de cocción.

Los vitrocerámicos son materiales policristalinos que contienen fases amorfas residuales, obtenidos por la cristalización controlada de una masa vítrea fundida.

Aunque podrían obtenerse formulaciones de pasta roja, los productos más competitivos son los de cocción blanca, lo que implica que los contenidos de Fe_2O_3 y TiO_2 sean menores del 1% (w/w) en la composición de las arcillas para evitar contaminaciones cromáticas del color natural de la pasta.

Adicionalmente a las características técnicas mencionadas anteriormente, la estabilidad de las dimensiones y la geometría (ortogonalidad, planaridad, etc.) de las piezas cocidas son requisitos que debe cumplir el producto acabado.

La falta de estabilidad dimensional de las piezas cerámicas cocidas, que se manifiesta en la obtención de varios calibres o tamaños próximos, se debe generalmente a que experimentan diferente contracción lineal durante la cocción. En cambio los descuadres (falta de ortogonalidad de la pieza) son consecuencia de que en las distintas partes de una misma pieza se producen contracciones desiguales durante la cocción. En ambos casos, las diferencias de contracción lineal son motivadas por una falta de uniformidad de la porosidad en crudo de las piezas, entre ellas o dentro de ellas, y/o por desigualdades en la temperatura de cocción. También los defectos de falta de planaridad pueden deberse a deformaciones pirolásticas.

Para evitar los defectos mencionados, es preciso lograr que la compactación (en crudo) de las piezas prensadas sea uniforme (dentro de la pieza y entre ellas) y que la composición del material utilizado cumpla los siguientes requisitos:

Debe poseer un intervalo de cocción lo suficientemente amplio para que las variaciones de contracción lineal sean lo suficientemente reducidas para que no produzcan diferencias apreciables en su tamaño o en su forma.

Debe conferir a la pieza, en el intervalo de temperaturas de cocción, las propiedades físicas requeridas (absorción de agua, resistencia mecánica, entre otros) sin que se presenten deformaciones pirolásticas.

El índice pirolástico (IP) de la composición debe ser lo suficientemente bajo para que las tensiones externas a que están sometidas las piezas durante la cocción (golpes, fuerza de gravedad, entre otros) no ocasionen defectos de falta de planaridad en el producto acabado.

Es necesario que no requiera temperaturas de cocción demasiado altas, para reducir el consumo energético en lo posible durante la etapa de cocción.

En la cocción de gres porcelánico, la vitrificación o sinterización, en presencia de una fase líquida viscosa, es el proceso de densificación que mayoritariamente contribuye a reducir la porosidad de las piezas

cocidas y confiere las propiedades deseadas. Durante la cocción de estos productos, se desarrolla una fase vítrea viscosa que rodea a las partículas más refractarias, la cual, bajo las fuerzas de tensión superficial que se generan en los finos poros de la pieza, tiende a aproximar las partículas aumentando su contracción y reduciendo su porosidad.

Paralelamente al desarrollo de la vitrificación, debido a la fase líquida presente, el material deja de comportarse como un sólido rígido y, al aplicarle una tensión (la fuerza de la gravedad, por ejemplo), se puede producir una deformación permanente denominada piroplástica. A igualdad de condiciones de preparación de las piezas, la evolución que sigue la absorción de agua, la contracción lineal y la deformación piroplástica dependen fundamentalmente de la cantidad de fase líquida que se forma, de la viscosidad de ésta, de su variación con la temperatura y del tamaño de las partículas de los constituyentes.

Para que la composición presente un intervalo de composición apropiado, o sea lo suficientemente amplio para que no se produzcan los defectos antes mencionados y para que la pieza alcance las características requeridas (porosidad, resistencia mecánica, etc.), se debe cumplir lo siguiente:

Durante la cocción debe desarrollar la suficiente cantidad de fase líquida y de viscosidad apropiada, para que la pieza pueda alcanzar la porosidad requerida sin deformarse.

En el intervalo de cocción, la variación del contenido entre fase líquida y/o de su viscosidad con la temperatura debe ser gradual, para que las alteraciones de contracción lineal, absorción de agua y deformación piroplástica también lo sean.

Por otro lado, la relación plásticos/desengrasantes y el tamaño de la partícula deben ser equilibrados en la composición del material de partida para que la suspensión acuosa sea fácilmente defloculable, de polvo atomizado con moldeo adecuado, con secado de la pieza moldeada sin dificultad y que posea una buena resistencia mecánica en crudo para ser procesada.

La evolución de la densidad aparente en cocido y la de la contracción lineal con la temperatura de cocción, corresponde al comportamiento, durante la vitrificación o sinterización en presencia de fase líquida, de composiciones formuladas a base de arcillas blancas illítico-caoliníticas y fundentes ricos en alcalinos (K y Na, fundamentalmente). Para estas composiciones, y a temperaturas superiores a las que la pieza alcanza su máxima densidad, las variaciones de contracción lineal y de densidad en cocido con la temperatura están condicionadas por dos efectos simultáneos que se van desarrollando en la pieza a medida que va dismi-

nuyendo su viscosidad aparente. Por una parte, la tensión superficial de la fase líquida presente tiende a reducir el tamaño de los poros (abiertos y cerrados) e incrementa la contracción lineal. Por otra, la expansión de los gases ocluidos en los poros y/o generados por la descomposición de la hematita presente (<1%), para formar otras especies de óxido de hierro más reducidas (Fe_2O_3 , FeO , entre otros), tiende a incrementar la porosidad cerrada disminuyendo en consecuencia la contracción lineal de la pieza.

El resultado de estos dos efectos que se desarrollan con el aumento de la temperatura de cocción hace que en el estado final la velocidad de la vitrificación vaya decreciendo progresivamente hasta una temperatura T determinada. A partir de T , se produce un hinchamiento de la pieza provocado por una excesiva expansión de los gases contenidos en su interior. A temperaturas de cocción mucho mayores a T , la viscosidad de la fase vítrea puede llegar a ser lo suficientemente baja como para permitir que parte de los gases al interior de la pasta escapen abriendo poros, aumentando de este modo la porosidad abierta.

El desarrollo de gres porcelánico a nivel mundial ha sido la tipología de producto con mayor investigación aportada, debido a su alto crecimiento en el mercado internacional. Es por ello que se ha encontrado una evolución y una serie de trabajos elaborados durante los últimos ocho años, principalmente (Ríos, 2009).

La gran mayoría de las investigaciones se basan en el estudio y caracterización física, química, térmica y mineralógica de materias primas para la formulación de gres porcelánico en función de la absorción de agua, la contracción lineal y la resistencia mecánica (Ríos, 2009).

A nivel de proceso, se requiere determinar los ciclos de molienda para obtener residuos menores al 1% sobre malla 230 ASTM ($62 \mu\text{m}$), que favorezcan, al aumentar la superficie específica de las partículas, las reacciones de vitrificación en cocción. Al mismo tiempo, se debe estudiar el comportamiento reológico de las arcillas para la defloculación de las correspondientes barbotinas de cara a conseguir relaciones de densidad alta a viscosidad apropiada y con ello lograr un polvo atomizado con humedades de entre el 5% y 7% a flujos óptimos de secado de material.

En la conformación de las piezas se necesita obtener densidades aparentes, que normalmente se encuentran entre $1,95 \text{ g/cm}^3$ - $2,0 \text{ g/cm}^3$ a presiones de prensado que pueden estar alrededor de 450 kg/cm^2 , que permitan obtener alta resistencia mecánica.

Luego debe adecuarse los ciclos de cocción a las formulas obtenidas, siendo necesarias temperaturas cercanas a los 1200°C con ciclos

entre 50 min. y 70 min. A lo largo de este proceso se debe entender el comportamiento de la porosidad y la sinterización durante el calentamiento progresivo, ya que la porosidad total está relacionada en cierta forma con la resistencia mecánica del soporte.

6.3 Antecedentes

6.3.1 ¿Qué es un gres porcelánico?

El gres porcelánico es un recubrimiento cerámico que es clasificado según la norma Europea EN-87 dentro del grupo BIa, por tener absorciones de agua inferiores al 0,5% (ver tabla 15).

Tabla 15. Clasificación de los recubrimientos cerámicos según la absorción de agua

Moldeo \ Absorción	Grupo 1 $A \leq 3\%$	Grupo IIa $3\% < A \leq 6\%$	Grupo IIb $6\% < a \leq 10\%$	Grupo III $A > 10\%$	
A	Grupo A1	Grupo AIIa	Grupo AIIIb	Grupo AIII	
B	Grupo A $A < 0.5\%$	Grupo BIb $0,5\% \leq A \leq 3\%$	Grupo BIIa	Grupo BIIb	Grupo BIII
C	Grupo CI	Grupo CIIa	Grupo CIIb	Grupo CIII	

En la columna de la izquierda de la tabla 15 aparece el método de moldeo del recubrimiento cerámico, el cual puede ser:

Extruido (moldeo tipo A). - Recubrimiento cuya masa se moldea en estado plástico mediante una extrusora y la viga extruida se corta en piezas de una longitud predeterminada.

Prensado en seco (moldeo tipo B). - Recubrimientos formados de una masa reducida a polvo o pequeños granos y moldeados en matrices con alta presión.

Vaciado (moldeo tipo C). - Recubrimientos formados de una masa en estado de barbotina que se vierte en un molde o en una placa refractaria porosa que absorbe agua.

Cabe señalar que la mayor parte de las compañías en el mundo utilizan como método de formación de sus recubrimientos el prensado en seco.

6.3.2 Características técnicas del gres porcelánico

Debido a su baja porosidad que se refleja en una baja absorción de agua y a su microestructura, el gres porcelánico es el recubrimiento cerámico con mejores técnicas (ver tablas 16 y 17).

Tabla 16. Características técnicas del gres porcelánico

Características	Estándar	Valor requerido
Absorción de agua 1%	en 99	<0.5
Resistencia a la flexión (Nmm ²)	en 100	>27
Resistencia a la flexión (mm ³)	en 102	<205
Resistencia al congelamiento	en 202	ningún defecto
Coef. lineal de expansión térmica	en 103	<9*10
Resistencia al ataque químico	en 106	ninguna variación visible
Resistencia al choque térmico	en 104	ninguna alteración
Dureza escala de Mohs	en 101	>5
Resistencia a las manchas	en 122	ninguna variación visible

Tabla 17. Requisitos de resistencia a la flexión y resistencia a la abrasión

Característica	Estándar	Valor requerido			
		BI	BIIa	BIIb	BIII
Resistencia a la flexión (N/mm ¹)	en 100	>27	>22	>18	>15*
Resistencia a la abrasión (mm)**	en 102	<205	<345	<540	N/A

Además de las características técnicas anteriores, el gres porcelánico tiene un óptimo comportamiento bajo las condiciones higiénicas más diversas por poseer una masa impermeable, la cual no retiene con el tiempo ningún líquido, vapor u olor. Por tanto, este tipo de recubrimiento puede ser utilizado en edificios públicos, tales como escuelas y hospitales, así como en edificios industriales. Otras características son su buena absorción acústica y su baja conductividad térmica.

6.3.3 Tendencias económicas del gres porcelánico

Después del desarrollo del quemado rápido (cambio de hornos túnel por hornos de rodillos) que caracterizó el final de la década de los setenta y gran parte de la década de los ochenta, la segunda revolución a gran escala dentro del sector de recubrimientos cerámicos en el mundo es el del gres porcelánico, un material que fue desarrollado aproximadamente hace cien años, pero que fue redescubierto a finales de la década de los ochenta y que en opinión de muchos investigadores representa la nueva frontera para el siglo XXI.

Existen tres factores que han impulsado el desarrollo industrial y comercial del gres porcelánico:

Desarrollo tecnológico en la etapa de cocción.- La sustitución los hornos túnel por hornos de rodillos tuvo como consecuencia una disminución considerable en los ciclos de cocción al pasar de 36 horas en promedio en los hornos túnel a ciclos menores de 60 minutos en los hornos de rodillos. Lo anterior permitió bajar sensiblemente el consumo de combustible en los hornos y le brindó mayor flexibilidad al proceso de producción. Así mismo, como el grado de equipamiento de los hornos de rodillos en sistemas de control y combustión es mayor, se facilitó el control dimensional del producto.

Incremento en el tamaño de los formatos.- Debido al desarrollo tecnológico en la etapa de prensado, con la cual se han podido fabricar prensas hidráulicas de mayor capacidad, el tamaño de los formatos en los recubrimientos ha ido creciendo paulatinamente al pasar de los típicos formatos de 11 cmx11 cm y 15 cmx15 cm a formatos de 30 cmx30 cm, 40 cmx40 cm, 50 cmx50 cm y de mayores dimensiones.

Desarrollo de técnicas de decorado y esmaltado.- el gres porcelánico es el recubrimiento cerámico con mejores características técnicas. Sin embargo, en sus principios no podía competir estéticamente con los recubrimientos tradicionales de piso y muro. Por tal motivo, en el transcurso de la década de los noventa se desarrollaron diversas técnicas de decoración y esmaltado del producto. Actualmente, el gres porcelánico compete estéticamente no sólo con los recubrimientos cerámicos tradicio-

nales, también lo hace, con los productos naturales como los mármoles y los granitos.

El gres porcelánico inicialmente fue concebido como un producto para uso industrial, pero gracias a sus elevadas características técnicas y a su constante evolución estética, ha encontrado nuevos campos de utilización en la construcción residencial y comercial, de forma tal que es posible encontrarlo en residencias, centros comerciales, bancos, aeropuertos, hospitales, plazas públicas, etc.

6.3.4 Otros aspectos de interés

Se ha trabajado considerablemente en el desarrollo de formulaciones de gres porcelánico que cumplan con las exigentes normas europeas y además presenten un desempeño adecuado en los procesos industriales. Lo anterior se debe a una creciente demanda en los mercados internacionales por este tipo de recubrimiento cerámico.

Los soportes de gres porcelánico usualmente contienen caolín o arcillas caoliníticas, cuarzo y agentes fundentes, tales como feldespatos o talcos, que permiten la sinterización en fase líquida. Algunas formulaciones industriales que contienen estas materias primas han demostrado tener mejores valores de resistencia a la abrasión y propiedades mecánicas superiores. En el diagrama ternario de estos materiales, que es mostrado en la figura 9, se pueden localizar los diferentes tipos de materiales cerámicos que se producen industrialmente.

En la etapa de diseño del soporte cerámico se recomienda el utilizar materias primas con contenidos bajos de óxidos colorantes tales como el Fe_2O_3 y el TiO_2 con la finalidad de evitar la coloración no deseada del soporte.

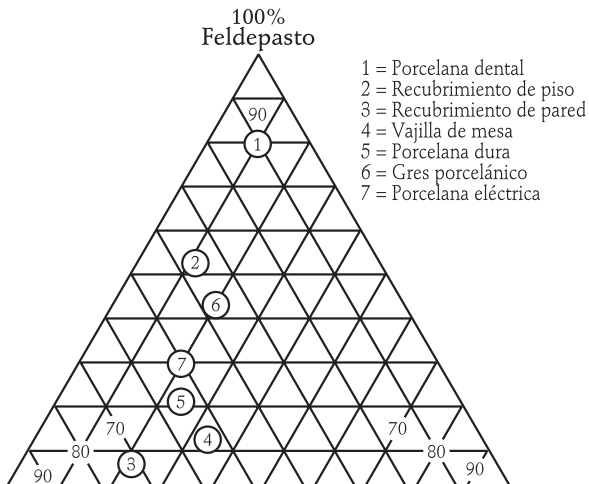


Figura 9. Diagrama ternario arcilla - feldespato - sílice

Además del tipo de materias primas utilizadas en la formulación del soporte del gres porcelánico, es importante poner especial atención a los parámetros tecnológicos del proceso. Se definen tres áreas críticas:

Molienda.- Para impulsar las dinámicas de sinterización en la etapa de cocción, el residuo de la barbotina después de la molienda debe ser inferior al 1% en malla 230. Tales valores contribuyen a elevar el área superficial de las partículas que componen el soporte y, por lo tanto, se incrementa su reactividad en cocción.

Prensado.- El objetivo que se persigue en esta fase del proceso es alcanzar la máxima densidad aparente en crudo (compactación) del soporte y que esta sea compatible con la desgasificación de la pieza en la etapa de cocción. Con lo anterior, se obtienen productos con valores más bajos de absorción de agua y de mayor estabilidad dimensional en cocción.

Cocción.- Constituye la fase integrante de las dos etapas anteriores. La curva de cocción, (temperatura - tiempo) debe permitir la consecución de los objetivos trazados de absorción y contracción.

La literatura recomienda el uso de los diagramas de gresificación, los cuales representan gráficamente la variación del porcentaje (%) de absorción de agua y del porcentaje (%) de contracción de un soporte cerámico con respecto a la temperatura, para analizar el comportamiento en cocción de los recubrimientos cerámicos. En la figura 10 se puede visualizar un ejemplo de lo anterior.

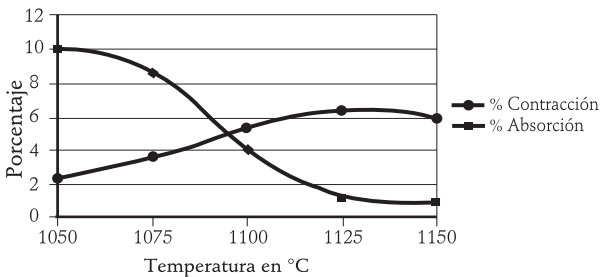


Figura 10. Diagrama de gresificación

A lo largo del proceso de cocción del gres porcelánico, algunas de las fases cristalinas iniciales, como la caolinita y los feldespatos, desaparecen dando lugar a la formación de la mullita ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) en el producto final.

La microestructura del gres porcelánico está formada por una matriz vítrea (fase amorfa) en la cual se encuentran uniformemente distribuidas las fases de cuarzo y mullita. Por medio de microscopía electrónica

de barrido se encontró que las fases cristalinas aumentan las propiedades mecánicas del producto terminado debido a que participan en la desviación de grietas, de tal manera que la sílice y la mullita actúan como refuerzos en un material compuesto de matriz cerámica (Ríos, 2009).

6.4 Proceso de fabricación del gres porcelánico

6.4.1 Ciclo de producción

El gres porcelánico es el resultado de un proceso de producción, el cual, en términos generales, es muy similar al utilizado en la fabricación de cualquier recubrimiento cerámico. El diagrama de flujo del ciclo de producción se presenta en la figura 11. A continuación, se presenta cada etapa del ciclo de producción, comenzando con las materias primas y se pone especial énfasis en aquellos aspectos que hacen del gres porcelánico el recubrimiento cerámico con mejores características técnicas.

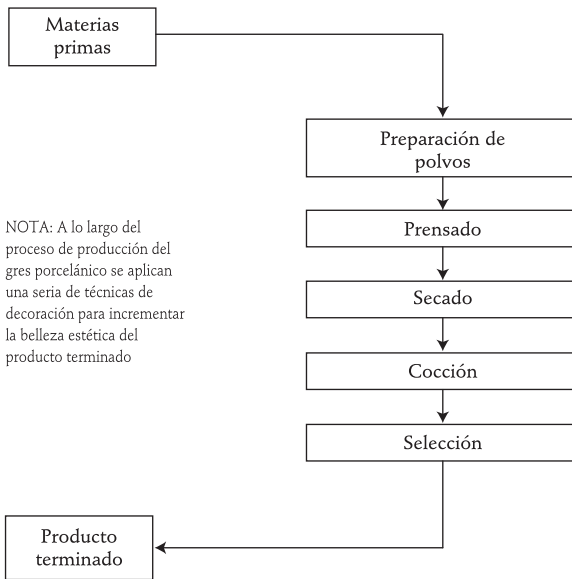


Figura 11. Ciclo de producción del gres porcelánico

6.4.2 Materias primas

Las materias primas utilizadas en la producción del gres porcelánico pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

Caolines y arcillas caoliníticas. La función principal de este grupo es proporcionar a la formulación la plasticidad necesaria para obtener, por medio de la operación de prensado, recubrimientos en crudo con características mecánicas adecuadas para facilitar la manipulación y transporte del producto sin cocer. Usualmente es utilizada una mezcla de caolines o arcillas en la fabricación del gres porcelánico,

Materiales con contenido de cuarzo. La función del cuarzo es formar el esqueleto del soporte cerámico, una función no plástica y estructural necesaria para controlar los cambios en las dimensiones del producto durante las etapas de secado y cocido.

Feldespatos o talcos. La función de este grupo es actuar como fundente con la finalidad de producir abundante fase líquida con características de flujo adecuado durante la etapa de cocción. La presencia de la fase líquida es indispensable para obtener las excelentes características técnicas del gres porcelánico.

6.4.3 Preparación del polvo

La preparación de los polvos consiste en una serie de operaciones dirigida a la obtención de un material de composición homogénea y distribución de tamaño de partícula adecuado.

Existen dos clases de tecnologías que pueden usarse en esta etapa del proceso de producción del recubrimiento:

- Molienda en seco y humectación.
- Molienda en húmedo y atomizado.

A pesar de que la molienda en húmedo y atomizado es la menos conveniente desde el punto de vista energético, y por lo tanto la más costosa, es la que se utiliza en la fabricación del gres porcelánico por los siguientes motivos:

La molienda en húmedo permite alcanzar tamaños de partícula más finos, con lo cual se puede obtener un recubrimiento homogéneo y denso durante la cocción.

En la molienda en húmedo, debido a que se utilizan cantidades de agua del 35%-40%, se puede lograr una óptima homogeneización de las materias primas que conforman el polvo.

El atomizado produce polvos granulares con morfologías y distribuciones de tamaño de partícula apropiadas para el correcto llenado de los moldes en las prensas, con lo cual es posible conseguir buenas compactaciones en el recubrimiento y, por tanto, favorecer la sinterización en la etapa de cocción.

En el proceso de molienda en húmedo se utilizan molinos de bolas en donde el elemento molturante consiste en esferas cerámicas o bolas de cuarzo. A la suspensión obtenida de la molienda en húmedo se le conoce como barbotina y contiene entre el 35% y 40% de agua. La barbotina es inyectada a alta presión (25-30 atmósferas) por medio de bombas hidráulicas a una serte de aspersores localizados en la parte superior de un equipo conocido como atomizador o secador por aspersión, en donde entra en contacto con aire caliente a temperaturas del orden de los 500°C-600°C. El agua contenida en la barbotina es evaporada y se obtienen polvos granulares con distribución de tamaño de partícula y humedad apropiados para la etapa de prensado. El polvo atomizado es enviado a silos de almacenamiento por medio de bandas transportadoras.

6.4.4 Prensado

En la etapa de prensado, el polvo atomizado, proveniente de los silos de almacenamiento y con humedad del 4% - 7%, es comprimido entre dos superficies a presiones entre 350 Kg/cm²-500 Kg/cm². Tales presiones causan reacomodo y deformación parcial en el polvo, lo que permite un alto grado de compactación en la pieza prensada. En la fabricación de gres porcelánico se utilizan prensas hidráulicas por su alto grado de control sobre los parámetros de trabajo.

Cabe señalar que la etapa de prensado tiene una marcada influencia sobre las características mecánicas y microestructurales del producto.

6.4.5 Secado

El proceso de secado tiene la función de eliminar el agua de la pieza prensada, la cual que fue necesaria en el momento de su moldeo. En general, las condiciones bajo las cuales el agua es removida del recubrimiento son relativamente críticas para asegurar la integridad del producto y, por tanto, deben ser bien controladas para prevenir deformaciones o fracturas.

Los secadores verticales son los más usados en la fabricación del gres porcelánico, e impulsan dos procesos:

El calentamiento del material que promueve la difusión del agua del interior del recubrimiento a la superficie.

La evaporación y transporte de agua de la superficie del recubrimiento.

6.4.6 Cocción

Después de la etapa de cocción, todos los materiales cerámicos adquieren características mecánicas que son adecuadas para los usos contemplados del producto. En los recubrimientos de gres porcelánico, la operación de cocido

se lleva a cabo en hornos rápidos y continuos, en los cuales los recubrimientos se transportan a través del horno por medio de rodillos cerámicos.

En esta etapa, los recubrimientos son en primer término precalentados y después llevados hasta la temperatura de cocción, que en el caso del gres porcelánico fluctúa alrededor de los 1200°C. La anterior temperatura es la más alta utilizada en la fabricación de cualquier tipo de recubrimiento de piso o pared. Después de mantener el recubrimiento por un cierto período de tiempo a la temperatura de cocción, comienza un proceso de enfriamiento rápido del material hasta alcanzar temperaturas del orden de los 600°C. Posteriormente, inicia un enfriamiento lento del producto con la finalidad de pasar la transformación alotrópica de la sílice, la cual tiene lugar a los 573°C, y así evitar facturas en el material conocidas como rajado fino. A partir de los 550°C, comienza un enfriamiento gradual del material que permite manejarlo de forma segura cuando éste sale del horno. Un ejemplo de una curva de cocción industrial puede ser visualizado en la figura 12.

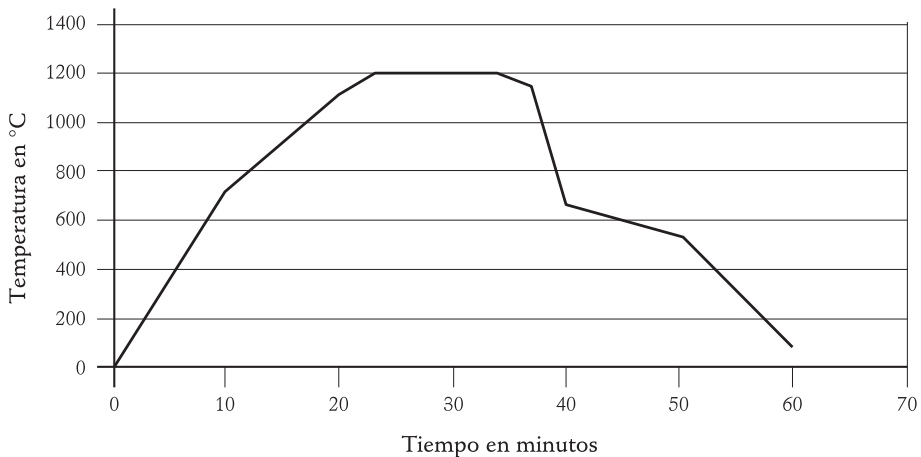


Figura 12. Curva de cocción industrial para la fabricación de gres porcelánico

Durante la cocción, una serie de reacciones y transformaciones toman lugar en las materias primas. En general, las características del producto final dependen no solamente de las reacciones que ocurren, sino también en la forma en que se llevan a cabo. Esto sin entrar en discusiones, debido a que en este punto se puede decir que el tipo de materias primas utilizadas y las altas temperaturas alcanzadas conducen a la formación de abundante fase líquida que rodea a las partículas

no fundidas y que se encuentran tenazmente unidas. Estas permiten la formación, después del enfriamiento, de una estructura vítrea que es extraordinariamente densa y resistente. Estas reacciones y transformaciones son siempre acompañadas por un reacomodo de las partículas del soporte, lo cual conduce a un sensible encogimiento del recubrimiento. Tal encogimiento representa un riesgo, en donde, si las condiciones de operación no se controlan, aparecerán variaciones dimensionales en el recubrimiento con respecto a su medida nominal, así como defectos de ortogonalidad y planaridad. En la actualidad, el grado de equipamiento de los hornos en las áreas de control y combustión es muy elevado y, por tanto, el control de los defectos mencionados anteriormente es mayor.

6.4.7 Selección

Los tres objetivos principales de la operación de selección, que es la etapa de fabricación con la cual se completa el ciclo de producción para el gres porcelánico, son los siguientes:

- Eliminación de piezas defectuosas.
- Separación por calidades.
- Formación de lotes de recubrimientos homogéneos en dimensiones y tonos.

Todas esas operaciones se realizan en máquinas clasificadoras altamente automatizadas. Sin embargo, las acciones, las intervenciones y el control de los operadores son de fundamental importancia. En particular, las características dimensionales se controlan en máquinas utilizando sistemas electrónicos sofisticados que permiten una selección rápida y confiable.

Con la finalidad de verificar que el producto cumple con los estándares internacionales, así como los estándares internos de calidad, el material se somete a muestreos periódicos y a pruebas.

6.4.8 Técnicas de decoración y esmaltado del gres porcelánico

Técnicamente, el gres porcelánico es el recubrimiento con mejores características. Sin embargo, si solamente se toman en cuenta las etapas de producción anteriores, se obtiene un producto estéticamente pobre. Por tal motivo, se ha desarrollado una serie de técnicas para incrementar la belleza estética del material.

Decoración:

Decoración de la masa. Se basa en la mezcla de polvos atomizados de dos o más colores, en donde se añaden gránulos o astillas de grandes di-

mensiones (1 mm a 5 mm) en cantidades que varían entre el 5% y 10%. Todos los materiales se dosifican por medio de bandas transportadoras a un mezclador mecánico que confiere homogeneidad a la masa, la cual se prensa con la técnica de monocarga del molde. Después de la cocción, se le brinda al producto un tratamiento mecánico de pulido superficial, en donde, además de transformar la superficie de mate a brillante, se realiza la policromía de la masa.

Decoración penetrante. Se basa en la decoración del soporte en crudo por medio de sales solubles cromóforas, las cuales, una vez depositadas en la superficie de la pieza y por efecto de la porosidad, penetran en el interior del soporte coloreándolo de manera uniforme o esfumada. Los efectos de decoración se obtienen con sistemas de aplicación tradicional, tales como cabinas de disco, máquinas serigráficas rotativas, etc. Las sales solubles cromóforas que se usan son de Fe, Cr, Co, V, Mn, Ni, etc. Estas se preparan en forma de pasta serigráfica o solución fluida. El contenido estético de los recubrimientos obtenidos por medio de esta técnica queda resaltado con el pulido superficial.

Decoración de la masa en superficie. Se basa en la superposición en el molde de la prensa de dos capas de masa con las siguientes características:

Primera capa: constituida por una mezcla de polvos atomizados coloreados que representa aproximadamente el 75% del espesor de la pieza y cuya granulometría es controlada. Esta capa representa la estructura del recubrimiento.

Segunda capa: constituida de polvos atomizados pulverizados en seco de los mismos colores utilizados en la primera capa base. El espesor de esta capa es regulable a voluntad y su granulometría, cualquiera que sea, no pone en peligro las características estructurales del producto.

Durante la carga de la segunda capa de masa al molde de la prensa, se pueden obtener efectos de decoración depositando la capa a través de una pantalla que representa el negativo del diseño gráfico deseado. Después de depositar las dos capas de masa en el molde, se presan a presiones entre los 500 kg/cm²- 550 kg/cm². Con esta técnica se obtiene una amplia gama de diseños de gres porcelánico. Sin embargo, se disminuye sensiblemente la productividad de la prensa a 4 o 5 ciclos/minuto. El producto se puede someter, si así se requiere, a un tratamiento de pulido superficial.

Decoración con serigrafía superficial. Se basa en la aplicación de una pasta serigráfica sobre la superficie del soporte en crudo. Esta técnica ofrece la ventaja de años de experiencia obtenidos en la decoración de los recubrimientos tradicionales, así como una elevada productividad en la línea de producción.

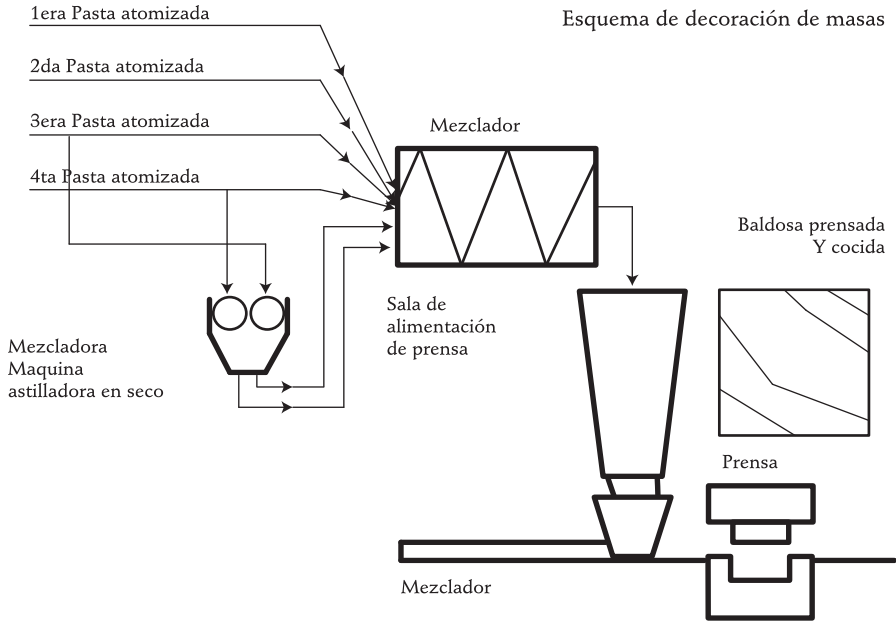


Figura 13. Esquema de decoración de la masa

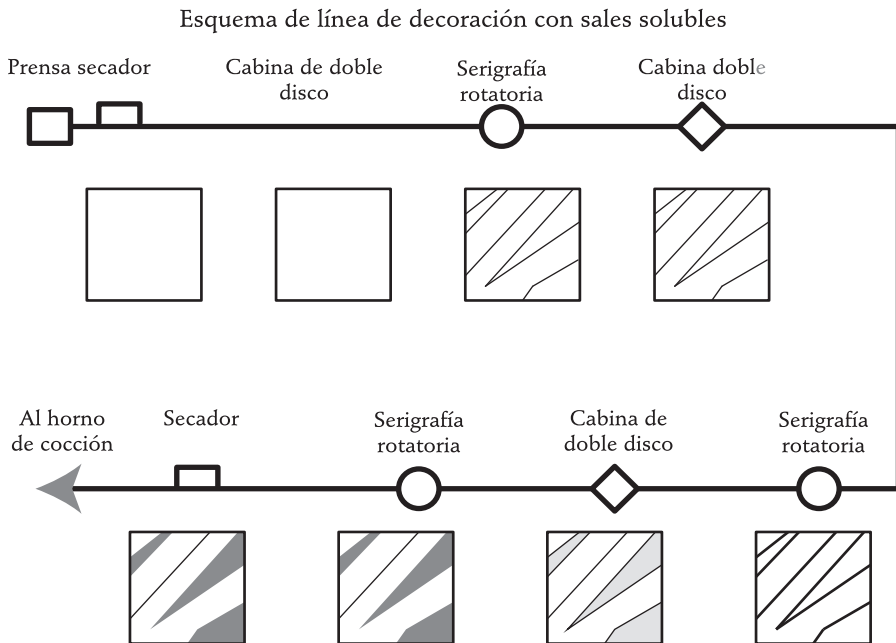


Figura 14. Esquema de decoración penetrante

Decoración mediante calcomanía. Esta técnica confiere al gres porcelánico características estéticas únicas en su género, tales como policromía, profundidad, transparencia, etc. La calcomanía es una hoja de unos 6 mm de grosor formulada a base de vidrio y pasta policroma de decoración definida, la cual se soporta por una estructura orgánica. Estas hojas se producen en cualquier formato que se solicite y se aplican mediante una prensa que está dotada de un sistema de posicionamiento de la hoja en el alvéolo del molde sobre la masa ya cargada. Una vez cargada la calcomanía, se procede al prensado y a la cocción del recubrimiento. El recubrimiento puede ser sometido a un tratamiento de pulido superficial. Las desventajas de esta técnica son la disminución de la productividad en la prensa en un 40% y los altos costos por metro cuadrado de la calcomanía.

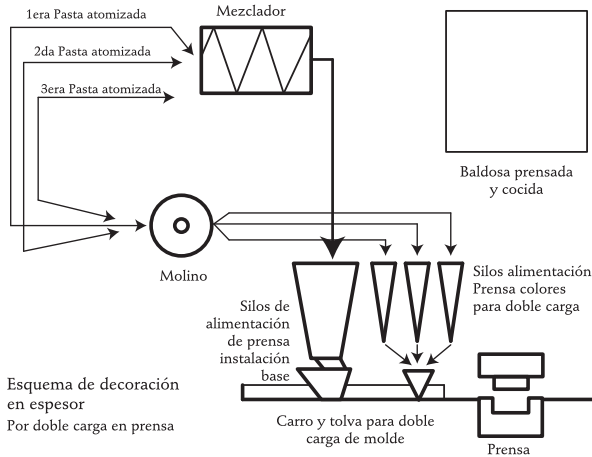


Figura 15. Esquema de decoración de la masa en superficie

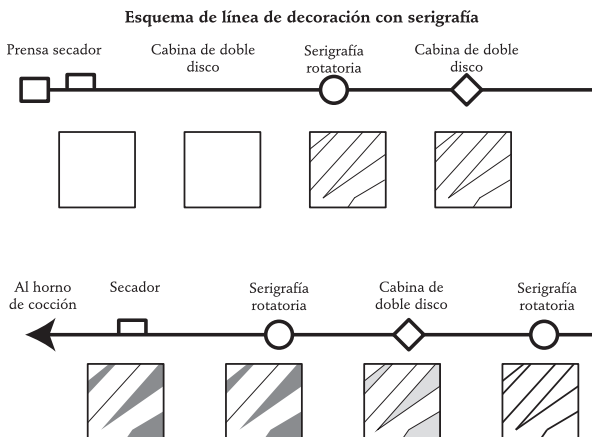


Figura 16. Esquema de decoración con serigrafía superficial

6.4.8.1 Esmaltado

← **Esmaltado y decoración tradicional.** Esta es la técnica tradicional de producción de recubrimientos de muro y piso. Para algunos observadores, esmaltar el gres porcelánico significa reducir las características técnicas del producto en busca de mejorar el acabado estético del mismo.

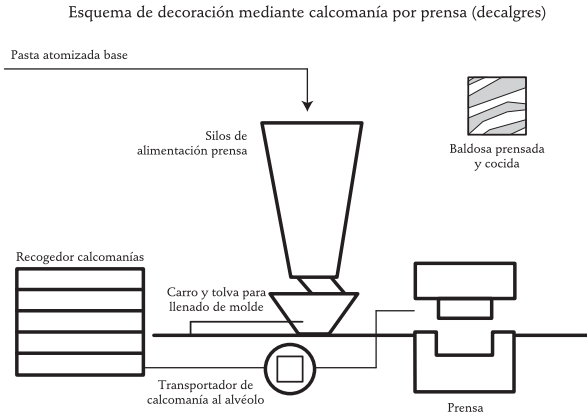


Figura 17. Esquema de decoración mediante calcomanía

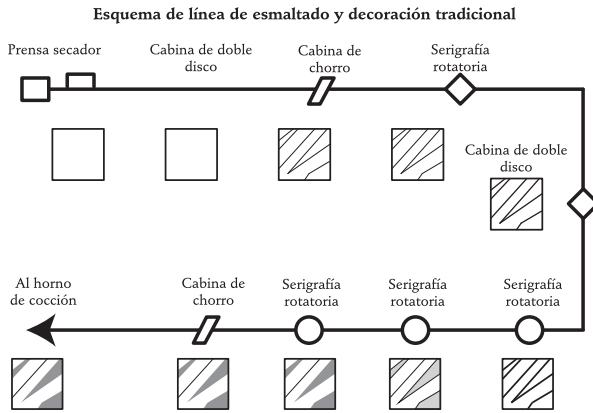


Figura 18. Esquema de esmaltado y decoración tradicional

Esmaltado en seco por prensa. Se basa en depositar una capa granular de esmalte seco sobre la masa de gres porcelánico colocada en el alvéolo del molde, para después prensar ambas capas. El sistema mecánico utilizado para la aplicación del esmalte se le conoce como “spot – feeder” y permite infinitas posibilidades cromáticas fácilmente programa-

bles mediante un computador. El proceso de aplicación de los esmaltes es sumamente preciso y, en tal virtud, permite controlar constantemente la cantidad de esmaltes utilizados sin que se produzca desperdicio alguno.

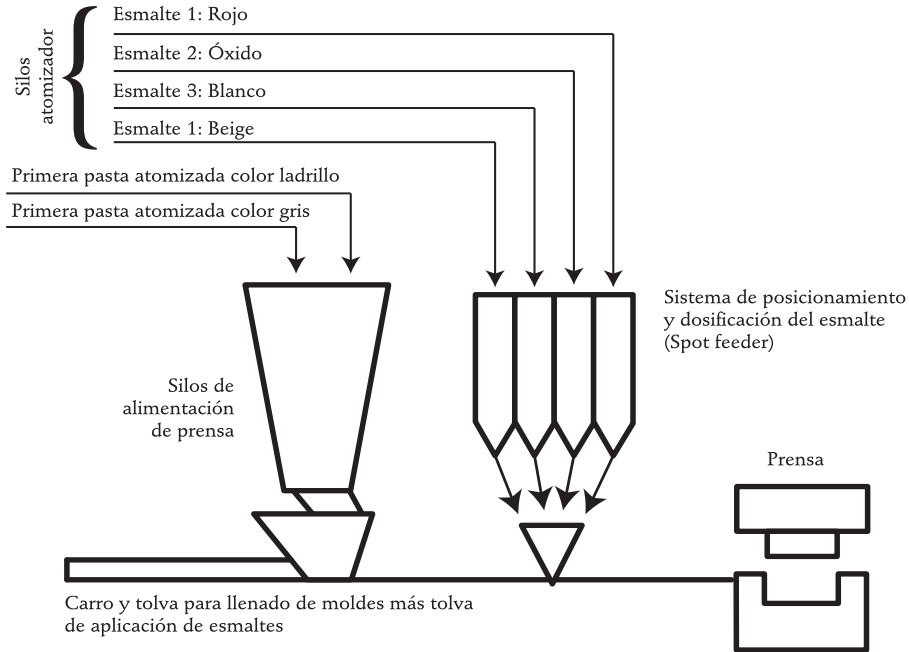


Figura 19. Esquema de esmaltado en seco por prensa

6.4.8.2 Decoración digital

En los últimos años se ha venido experimentando un incremento en la producción de productos cerámicos decorados por tecnología digital de chorro de tinta (Ink Jet). Actualmente existen en el mercado varios integradores de maquinaria que ofrecen sistemas de características muy similares, sobre todo para la fabricación en línea de baldosas y en casos puntuales de piezas especiales.

A pesar del esfuerzo realizado por los fabricantes de estos productos en la adquisición de esta tecnología, salvo en contadas excepciones el uso de los sistemas de chorro de tinta ha quedado relegado exclusivamente a la fabricación de piezas que por sus características resultan imposibles o excesivamente complicadas de producir por métodos tradicionales.

Los nuevos sistemas de decoración digital de productos cerámicos por chorro de tinta continuo de deflexión múltiple, utilizando tintas en base acuosa, han demostrado ser un candidato real para la sustitución de los sistemas tradicionales de baldosas, aportando mejoras en los costos, consumo de energía y materias primas; mejora de las condiciones de trabajo para los operarios y mayor respeto con el medio ambiente, es decir, incrementa notablemente la sostenibilidad del proceso de decoración de productos cerámicos.

6.4.8.2.1 Tecnología de chorro de tinta

← Actualmente, no cabe duda de que la tecnología de chorro de tinta se ha convertido en la más ampliamente utilizada a todos los niveles cuando se requiere imprimir imágenes digitales, habiendo desplazado mayoritariamente el resto de tecnologías digitales (sublimación de tinta, xerografía digital, etc.), siendo además la tecnología que más desarrollo está experimentando y que más se está expandiendo en nuevos sectores.

La inyección de tinta es una tecnología de impresión sin impacto consistente en la proyección de pequeñas gotas directamente a una posición especificada en un sustrato para crear una imagen.

La Figura 20 da una imagen de las distintas tecnologías de chorro de tinta en todas sus modalidades, así como indica los principales partícipes en cada una de sus ramas. Se han destacado en mayúscula las tecnologías en uso en impresión de cerámica.

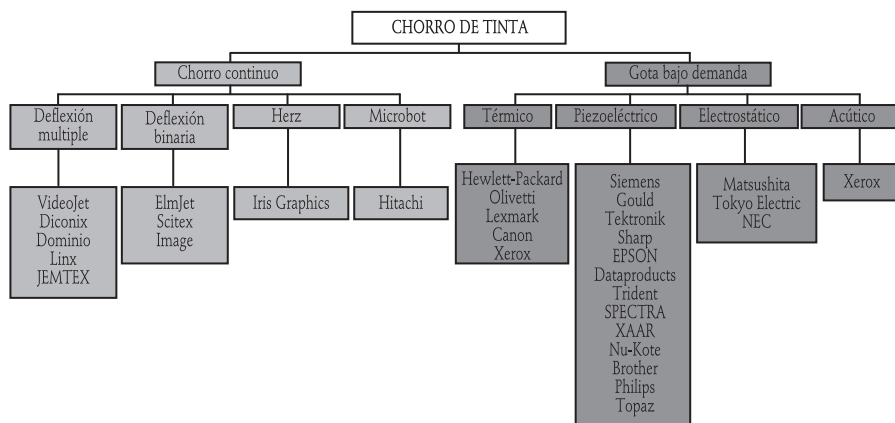


Figura 20. Árbol tecnológico y principales fabricantes de sistemas de chorro de tinta.

Fuente: Colores Cerámicos S.A. y Talleres Foro, S.L. Decoración digital sostenible de productos.

Tal y como se muestra en la figura 20, existen dos familias de tecnologías:

- Chorro continuo (CIJ): están continuamente generando gotas que o bien se recirculan o bien se posicionan sobre el sustrato.
- Gota bajo demanda (DOD): solo generan la gota cuando se requiere en el sustrato.

Como se puede apreciar, sólo existe un sistema para su uso en cerámica dentro de la familia de chorro continuo, siendo el resto de sistemas en cerámica pertenecientes a la familia de cabezales de gota bajo demanda (DOD) y la subfamilia de piezoeléctricos.

Las subfamilias corresponden a la tecnología utilizada para generar las gotas y, en su caso, a como se gestionan estas.

6.4.8.2.2 Aspectos peculiares de la decoración por chorro de tinta en cerámica

Todo sistema digital por chorro de tinta, para ser usado en cerámica, debe de cumplir unos requisitos que son consecuencia de la aplicación misma. Además existen factores que, aunque no se requieren, son altamente deseables, haciendo muy complicada la obtención de conclusiones absolutas sobre un determinado sistema.

Los condicionantes más importantes a tener en cuenta pueden resumirse en:

- Ambiente y condiciones de trabajo.
- Tiempo real operativo (*up time*) y productividad.
- Costo de operación y mantenimiento.
- Capacidades cromáticas y tipo de productos que puede decorar.
- Definición y calidad de impresión.

De entre los factores no condicionantes, se debe resaltar la posibilidad de migrar a estas tecnologías los productos en catálogo sin repercutir negativamente en el costo de estos y el potencial de evolución de la tecnología a mediano y largo plazo.

6.4.8.2.3 Chorro continuo deflexión múltiple

← En esta tecnología se genera una serie continua de gotas idénticas que, durante su trayectoria hacia el sustrato, son desviadas en función de la posición correcta en la zona de alcance. La imagen se construye por la acción sincronizada de múltiples toberas.

Sistemas de pruebas y uso artístico. Se trata de sistemas de bajo costo para la decoración de pocas piezas con seis colores simultáneos.

6.4.8.2.4 Tintas

← En todo sistema de impresión por chorro de tinta, las tintas tienen una gran importancia en la calidad del producto final así como en la fiabilidad y costo del sistema de impresión. En la mayor parte de los casos, las tintas utilizadas se han diseñado específicamente para funcionar en una determinada tecnología de impresión y condiciones de impresión determinadas.

En el caso particular de la impresión en cerámica, a diferencia de la mayoría de las otras aplicaciones del chorro de tinta, se da el hecho de que la impresión es sólo una parte del proceso y que, posteriormente a la impresión, se debe proceder a una o más operaciones, siendo la más importante la cocción de la pieza, donde gracias a la interacción de procesos físicoquímicos, se produce el desarrollo e incorporación al producto del color y el diseño.

En el caso particular de las tintas con base en pigmentos cerámicos en medio acuoso, es donde se han alcanzado los mejores resultados cromáticos y de estabilidad.

Estas tintas se elaboran a partir de los pigmentos de producción estándar de las empresas fabricantes, gracias a nuevos procedimientos desarrollados, que permiten la adecuación de estos pigmentos estándar a las elevadas exigencias de calidad y tamaño requeridas para la elaboración de una tinta Ink Jet. Esto conlleva a una notable reducción de la energía utilizada con respecto a otros métodos ya en uso en la industria para la elaboración de tintas en base disolvente.

BIBLIOGRAFÍA

- Abadira, M., Sallamb, E., et al. (2002). *Preparation of porcelain tiles from Egyptian raw materials*. Ceramics International.
- Acevedo, J. (1985). *Materiales de construcción*. La Habana: Ministerio de Educación Superior.
- Aguado Crespo, F. (1987). *Materiales de Construcción* (Tomo II). La Habana: Editorial MES.
- Aplicación de materiales cerámicos, vidrios y piedra natural en la construcción. (1998). CEMCO 98: Madrid.
- Aras, A. (1984). The change of phase composition in kaolinite - and illite - rich clay-based ceramic bodies. *Applied Clay Science*, 24, 257-269.
- Bagan, V., Enrique, J. et al. (1990). Gres porcelánico. Influencia de las variables de proceso sobre la calidad del producto acabado. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 357-387).
- Barba, A., Beltrán, Vicente., García, J., et al. (1997). *Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas*. Castellón de la Plana, España: Instituto de Tecnología Cerámica.
- Bernardin, A., Medeiros, D., et al. (2006). La piroplasticidad del gres porcelánico. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 207-213).
- Bernardin, A., Casagrande, M., et al. (2006). Comportamiento Reológico de la suspensión de Gres porcelánico. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 177-182).
- Biasini, V., Dondi, M., Raimondo, M., et al. (2002). El papel de la microestructura en las propiedades mecánicas del gres porcelánico. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 93-103).
- Biffi, G. (1972). *Gres Porcellanato tecnologia, produzione, mercato*. Faenza, Italia: Faenza Editrice.
- Cabezas, J., Galiano, J. et al. (2006). Estudio comparativo de los parámetros determinantes del comportamiento químico-físico y mecánico de diferente gres porcelánico. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 235-247).
- Clausell, A., Galindo, R. (1991). *Apuntes de Operaciones Básicas*. Generalitat Valenciana: Conselleria de la cultura, educació i ciència.
- Colores Cerámicos S.A. y Talleres Foro, S.L. (2010). Decoración digital sostenible de productos cerámicos mediante chorro de tinta continuo y tintas en base agua. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 49, 2, 139-141.

- Bugner, D. E., Bermel, A. D. (1997). Particle size effects in pigmented ink-jet inks. In Proc. IS&T's NIP 13: Int'l. Congress Digital Printing Technologies, IS&T, Springfield, VA. (pp. 667-669).
- Economics & Markets. (2006). World Production and c. Ceramic tiles. *Tile international*, 4, 40-51.
- Enrique, J., Negre, F. (1985). *Tecnología Cerámica*. Valencia: Instituto de Tecnología cerámica – Universidad de Valencia.
- Escribano, P., Carda, J. B., Cordoncillo, E. (2001). *Enciclopedia Cerámica* (Vol. 2.1). Castellón de la Plana, España: Editorial Faenza editrice ibérica.
- Espinosa, A., (2009). Análisis de mercado 2006-2008. Informe interno Eurocerámica S.A.
- Kamphoefner, F. J. Ink-jet printing. *IEEE Trans. Elec. Devices*, ED-19 (4), 584.
- Ferrari, S., Gualtieri, A. F. (2006). The use of illitic clays in the production of stoneware tile ceramics. *Applied Clay Science* 32(1-2), 73-81.
- Fumquén, J., Minerales preciosos, rocas y minerales no metálicos, recursos energéticos. *Recursos minerales de Colombia*, 2, 827-838.
- García, C., Milian, V., et al. (2008). Formulaciones de gres porcelánico con materias primas arcillosas de procedencia nacional. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 39-42).
- Gibertoni, A., Segadaes, A., et al. (2006). Cuantificación de fase en composiciones de gres porcelánico reformuladas. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 123-126).
- Gil, C., Peiró, M., et al. (2006). Estudio de la porosidad en soportes de gres porcelánico. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 43-48).
- Gippini, E. (1979). *Pastas cerámicas*. Madrid: Sociedad Española de Cerámica.
- Gorchakov, G.I. (1981). *Materiales de Construcción*. Moscú: Editorial MIR.
- Inoue, A., Kohyama, N., Kitagawa, R., Watanabe, T. (1987). Chemical and morphological evidence for the conversion of smectite to illite. *Clays Clay Miner*, 35, 111-120.
- González, H. (2001). *Informe técnico mapa geológico de Antioquia escala 1:400.000. Memoria aplicativa*. Colombia: INGEOMINAS.
- Instituto de Tecnología Cerámica (ITC-AICE). Universitat Jaume Ier, Castelló. Patrocinador: Ministerio de Industria y Energía. Secretaría de Estado de la Energía y Recursos Minerales. Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción. Colocación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos 1993. Manual técnico-práctico sobre baldosas cerámicas y su colocación, que incluye un apartado sobre patologías de los pavimentos y revestimientos cerámicos y metodología para su diagnóstico.
- ISO 13006, *Baldosas cerámicas - Definiciones, clasificación, características y marcado* (UNE-EN 67-087/ 67-121/ 67-186-1/ 67-186-2/ 67-187-1/ 67-187-2/ 67-188/ 67-176/ 67-177/ 67-178/ 67-159).
- ISO 10545-2, *Baldosas cerámicas - Determinación de las dimensiones y aspecto superficial* (UNEEN 67-163).
- ISO 10545-7, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de las baldosas esmaltadas* (UNE-EN 67-154).
- ISO 10545-15, *Baldosas cerámicas - Determinación de la cesión de plomo y cadmio en las baldosas cerámicas*.
- ISO 10545-16, *Baldosas cerámicas - Determinación de pequeñas diferencias de color*.
- ISO/DIS 10545-17, *Baldosas cerámicas - Determinación del coeficiente de deslizamiento*.
- Heinzl, J, Hertz, C. H. Ink-jet printing. *Adv. Electronics and Electron Physics*, 65, 91.

- Kuhn, L., Myers, A. Ink-jet printing. *Scientific American*, 240 (4), 162-178.
- Hue, P. Le, Le Technologies, Inc. Beaverton, Oregon ©IS&T. *Progress and Trends in Ink Jet Printing Technology*. Hue The Society for Imaging Science and Technology.
- Marciano, J., Coelho, J., et al. (2002). Materias primas para pastas de gres porcelánico en Brasil. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 71-73).
- Ministerio de Comercio Exterior (2008). Importaciones Colombianas 2006-2008 [CD ROM]. Bogotá: Ministerio de Comercio exterior.
- Prado, A., Zanardo, A., et al. (2006). Reología de arcillas de la formación de Corumbatí y su aplicación en la producción de gres porcelánico. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 247-251).
- Ríos Rendón, C. M. (2009). *Uso de materias primas colombianas para el desarrollo de baldosas cerámicas con alto grado de gresificación*. Tesis de Maestría, Maestría en Ingeniería: Materiales y Procesos. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- SACMI, Asociación española de técnicos cerámicos. (2004). *Tecnología Cerámica Aplicada*, Castellón de la Plana, España: Editorial Faenza Editrice Ibérica.
- Sánchez, J., Sales, J., Materias primas en la fabricación de gres porcelánico. *Integración Ciencia – Tecnología de las arcillas en el contexto tecnológico – social del nuevo milenio*.
- Sánchez Muñoz, L., Nebot Díaz, I., Carda, J. B., Tuduri, F., et al. (2001). Obtención de soportes cerámicos de baja porosidad a partir de materias primas nacionales. *Cerámica Información*, 27(272), 48–54.
- Sousa, M., Freitas, J., et al. (2008). Fabricación de gres porcelánico con materias primas seleccionadas del noroeste de Brasil. En Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 239-243).
- Srodon, J., Eberll, D. D. (1984). Illite. *Mineralogical Society of America Rev. Mineral*, 13, 495-544.
- UNE-EN ISO 10545-1, *Baldosas cerámicas - Muestreo y criterios de aceptación* (UNE-EN 67-173).
- UNE-EN ISO 10545-3, *Baldosas cerámicas - Determinación de la absorción de agua, de la porosidad abierta, de la densidad relativa aparente, y de la densidad aparente* (UNE-EN 67-099).
- UNE-EN ISO 10545-4, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a la flexión y de la carga de rotura* (UNE-EN 67-100).
- UNE-EN ISO 10545-5, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia al impacto por medición del coeficiente de restitución*.
- UNE-EN ISO 10545-6, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de las baldosas no esmaltadas* (UNE-EN 67-102).
- UNE-EN ISO 10545-8, *Baldosas cerámicas - Determinación de la dilatación térmica lineal* (UNE-EN 67-103).
- UNE-EN ISO 10545-9, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia al choque térmico* (UNE-EN 67-104).
- UNE-EN ISO 10545-10 *Baldosas cerámicas - Determinación de la dilatación por humedad* (UNE-EN 67-155).
- UNE-EN ISO 10545-11, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia al cuarteo de baldosas esmaltadas* (UNE-EN 67-105).
- UNE-EN ISO 10545-12, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a la helada* (UNE-EN 67- 202).

- UNE-EN ISO 10545-13, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia química* (UNE-EN 67-106/ 67-122).
- UNE-EN ISO 10545-14, *Baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a las manchas* (UNE-EN 67-122).
- UNE-EN 67-1011, *Baldosas cerámicas - Determinación de la dureza al rayado de la superficie según Mohs*.
- UNE-EN 1346, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación del tiempo abierto*.
- UNE-EN 1347, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación de la capacidad humectante*.
- UNE-EN 1308, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación del deslizamiento*.
- UNE-EN 1324, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a la cizalladura de los adhesivos de dispersión*.
- UNE-EN 12003, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a la cizalladura de los adhesivos de resinas reactivas*.
- UNE-EN 1348, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia a la tracción de los adhesivos cementosos*.
- UNE-EN 12002, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación de la deformación transversal de adhesivos y materiales de rejuntado cementosos*.
- UNE-EN 12808-1, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Determinación de la resistencia química de los adhesivos de resinas reactivas*.
- UNE-EN 1323, *Adhesivos para baldosas cerámicas - Placas de hormigón para ensayos*.
- Villegas, Ma de los A. (s.f.). *Propiedades ópticas de los vidrios en la construcción*. Instituto de cerámica y vidrio. Madrid: CSIC.
- Zanelli, M., Raimondo, M. et al. (2004). Mecanismos de sinterización de piezas de gres porcelánico. En *Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico*, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, (pp. 257-270).
- Zauberer, R., Boschi, A. (2004). Diseño factorial 2k aplicado al proceso de piezas de gres porcelánico. En *Memorias del IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico*, QUALICER. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación (pp. 221-224).

ÍNDICE TEMÁTICO

ÍNDICE ONOMÁSTICO

150 años

**Baldosas cerámicas y gres
porcelánico: un mundo
en permanente evolución**

Hace parte de la Colección
150 años - Facultad de Ingeniería 1861 - 2011
Esta edición consta de 200 ejemplares.
Se imprimió en julio de 2011
en la Editorial Universidad Nacional de Colombia.

En su composición se utilizaron caracteres Stempel
Schneidler Std 11/13 puntos, formato de 16.5 x 24
centímetros. La tapa dura va Heno sabana 180 gramos,
las guardas 200 gramos; la sobrecubierta en propalcote
de 150 gramos y las páginas interiores en propalmate
de 90 gramos

ÍNDICE TEMÁTICO

A

- Aditivos quemantes
 - aserrín de madera
- Agentes químicos
- Ampliación del intervalo
- Árabes
- Árbol tecnológico
- Asirios
- Artes cerámicas
- Aspectos técnicos
- Atomizadores
 - secuencia
- Azulejo(s)
 - área de uso
 - barroco
 - estilos gótico-mudéjar
 - modernista

B

- Babilonia
- Baldosas cerámicas
 - características de las clasificación
 - según su uso
 - características dimensionales
 - características mecánicas
 - características adicionales
 - colocación
 - en capa fina
 - en capa gruesa
 - conocimiento de sus cualidades
 - cuerpo
 - desgaste
 - elección del tipo de esmaltadas
 - formas
 - fricción
 - generalidades de los grupos de
 - guía para su uso
 - medidas
 - piezas complementarias
 - porosidad de las
 - propiedades de los tipos de
 - variedades de
- Baldosa(s)
 - cuerpo
 - de barro cocido
 - de gres
 - porcelánico
 - salado
 - extrudidas
 - inglesas
 - no esmaltadas

- prensadas
- quarry tiles
- separables (Spaltplatten)

Baldosín catalán

- no esmaltado

Barbotina

- corriente de gases

Barro cocido

- cuerpo
- denominación y uso
- especiales
- piezas complementarias

Biselado de los cantos

C

Caso de aplicación

- fricción y desgaste de baldosas cerámicas
- resistencia a la abrasión

Causas

- cambios
 - en la demanda de los usuarios
 - en la fabricación
 - en la gestión en edificación

Carencia terminológica

Chorro continuo deflexión múltiple

- sistemas de pruebas y uso artístico

Características

- adicionales
- comunes
- dimensionales
- mecánicas
- siete tipos
- técnicas

Clasificación

- básica
- critérios de
- según normativa
- sistemas automáticos
- y embalado

Clasificación de las manchas

Clima mediterráneos

Cocción

- bicocción
- de las piezas
- monococción
- rápida
- única

Código(s)

- de baldosa
- definitivo
- del local
- elegido

Comunicación

- especializada

Cualidad(es)

- estéticas
- funcionales

Curva(s)

- de cocción industrial
- de fricción

D

Decoración(es)

- con serigrafía superficial
- de la masa en superficie
- decoración de la masa
- digital
- mediante calcomanía
- penetrante
- por chorro de tinta en cerámica
- condicionantes

Desarrollo(s)

- de técnicas de decorado
- esmaltado

Determinación(es)

- de la expansión por humedad
- de la resistencia
 - a la abrasión profunda
 - a la abrasión superficial
 - a la flexión
 - al cuarteo
 - al deslizamiento
 - química
- de las características dimensionales

Diagramas de gresificación

Diseño y operación

Disminución de la toxicidad

E

Enfriamiento(s)

- con agua
- con aire

Engobe

Esquema(s)

- de decoración
 - con serigrafía superficial
 - de la masa en superficie
 - de masas
 - en espesor
 - mediante calcomanía por prensa
- de línea de decoración

Equipos de tribología pin-on-disk

Escuela de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Minas

Esmaltado en seco por prensa

- sistema mecánico
- spot – feeder

Esmalte(s)

- aplicación
- decoración
- preparación

Estancias húmedas

Estándares internos de calidad

Estudiante(s)

- de postgrado
- de pregrado

Etapas de fabricación

- amasado
- cocción
- de esmaltado
- moldeo
- secado
- vidriado

Etapas de diseño

Extrusión

F

Facultad de Minas

Factor(es)

- de desgaste
- geométrico

Fase(s)

- crystalinas iniciales
- de cocción
- de molienda
- líquida

Fenómenos osmóticos

Formas y medidas

- cuadrada o rectangular
- hexágonos
- octógonos regulares u oblongos

Fritas

- cerámicas
- composición
- compuestos vítreos
- criterios de clasificación
 - de sus características físicas
 - en función de su composición química
- fabricación
- naturaleza
- tipos de
- utilización de
- ventajas

Funcionalidad

G

Gres

- antecedentes
- aspectos fundamentales
- características técnicas
- ciclo de producción
- cocción
- materias primas
- pavimento de
- porcelánico
 - esmaltado
 - mate o natural
 - pulido
- porcelánico
 - áreas críticas
 - características técnicas
 - ciclo de producción
 - decoración de la masa
 - decoración penetrante
 - desarrollo tecnológico en la etapa de cocción
 - factores
 - materias primas
 - natural
 - preparación del polvo
 - proceso de cocción
 - proceso de fabricación
 - pulido
 - soportes de
 - tendencias económicas
- prenado
- proceso de fabricación
- rústico
- secado
- selección

técnicas de decoración
tendencias económicas

Grupo(s)

A

AI

AIIb

AIII

AIa

B

BIb

BIII

Bla

GL

normalizados

Grupos de baldosas

por el método de moldeo

según la absorción

Grupo de Cerámicos y Vítreos

H

Hábito(s)

Historia de las baldosas cerámicas españolas

Horno(s)

atmósfera del

continuos

de rodillos

monoestrato

no muflados

rápidos

túnel

I

Illita

fórmula aproximada

naturaleza y estabilidad de la

Índice pirolástico (IP)

Industria cerámica nacional

diseño

innovación

producción

Insolubilización

Instituto de Minerales – CIMEX

J

Juntas de colocación

ventajas de las

K

Khorsabad

L

La Alhambra

Ladrillo(s)

cocción del

Literatura

científica

M

Mantenimiento

limpieza extraordinaria

limpieza periódica

Máquinas clasificadoras

Material(es)

- cerámico(s)
- chamota
- desgrasantes
- evolución
- tipo de
- vítreo
- Materias primas
 - amasado
 - arcillas
 - caolines
 - inorgánicas
 - mezcla de
 - preparación de las
- Materias orgánicas
- Mercado colombiano
- Método(s)
 - de ensayo
 - de limpieza
 - del moldeo
 - Mohs
 - PEI
- Minerales arcillosos
 - de naturaleza illítico-caolinítica o montmorillonítica
- Molienda
 - por vía húmeda
 - por vía seca
- Moros
- Mosaico
 - con cuerpo
 - de vidrio
 - esmaltado
 - medidas de las piezas
 - piezas cuadradas y pequeñas
 - tipos
 - de gres con baja o media-baja absorción
 - de soporte blanco
- Mundo académico
- N**
- Nineveh
- Norma(s)
 - EN-UNE
 - ISO
- Nuevos productos
- P**
- Palacio(s)
- Pavimentos cerámicos
 - área de uso
- Piezas
 - complementarias
 - planas
 - tridimensionales
- Piroplasticidad
 - deformación: fases líquidas
- Porcelanato
 - indicado para ambientes de alto tráfico
 - versión esmaltada y natural
- Prensado
 - en seco
 - etapa de
- Preparación(es) de las materias primas

Primera civilización

Procedimiento

bicocción o tercer fuego
de monococción
energético

Proceso(s)

cerámico
continuo
de atomización
de bicocción
de cocción
de fritado
de fusión
de molienda
de molienda en húmedo
de monococción
de preparación
de secado por atomización
de selección
para la obtención: (tres etapas)
productivos

Proceso de fabricación

etapas
clasificación y embalaje
cocción o cocciones
con o sin esmaltado
conformación y secado en crudo
preparación de las materias primas
tratamientos adicionales

Producto(s)

antiguo
cerámicos
de limpieza
tradicional

Producción española

variedad de tipos

Proyecto(s)

de investigación

R

Recubrimiento(s)

arte de la fabricación
cerámico(s)
estilo
geométricos

Relación plásticos/desengrasantes

Relieve(s)

Reposición

Resistencia

a manchas
química

Retracción de la arcilla

aérea
térmica
total

Requisitos especiales

acústico
aislamiento térmico
impermeabilización

Revestimiento(s)

cerámicos
de paredes
de suelos

de terrazo o piedra natural
madera
secado por atomización

S

Sarracenos

grandes decoradores

Secado

de piezas conformadas

Secaderos

horizontales

verticales

Selección de baldosas

juntas de colocación

obtención

del código de baldosa

del código de local

proceso de selección (etapas)

Serigrafía

decoración de baldosas

Servicio(s)

instalaciones

Sistema(s)

conjuntos de piezas

de desolidarización

de hélice

de prensado

de pruebas y uso artístico

para escaleras

para piscinas

propulsor

tradicional

Soporte(s)

académico

características

estabilidad dimensional

flexibilidad

simple

T

Talavera

Técnica(s)

de colocación

con capa fina

de decoración

de vidriado

material de agarre

tradicional

Tecnología(s)

de la monococción

digital de chorro de tinta

dos familias

modalidades

Templo(s)

Tintas

calidad del producto final

impresión en cerámica

Ink Jet

Tipo(s)

de acabado superficial

de acabados

de baldosas cerámicas

de edificios

- de moldeo
- de soporte
 - especiales
 - habituales
 - impresión de cerámica

- locales
- Tratamiento(s)
 - adicionales
 - superficial

Turquía

U

Ucrania

Universidad(es)

- Nacional de Colombia

Unión Europea

USA

Uso(s)

- del paramento
- evitar
 - abrasivos
 - contacto con productos que deterioren
 - roces
- golpes y punzonamientos
- no es conveniente el encharcamiento

V

Vaciado

- moldeo tipo C

Variedad

- especiales
 - peldaños
 - rodapiés
 - vierteaguas
- fundamentales
 - atmósfera del horno
 - ciclo térmico
- piezas complementarias
 - cuprecantos
 - escocias
 - molduras
 - tacos
 - tiras

Valencia

Valle(s)

- del Nilo
- del Tigris y el Éufrates

Velocidad de calentamiento

Vivienda(s)

- colectiva
- residencial
- unifamiliar

Z

Zona(s)

- de la cocción
- geográficas

ÍNDICE ONOMÁSTICO

A

Abadira, M.
Acevedo, J.
Aguado Crespo, F.
Aras, A.

B

Bagan, V.
Barba, A.
Beltrán, Vicente.
Bermel, A. D.
Bernardin, A.
Biasini, V.
Biffi, G.
Boschi, A.
Bugner, D. E.

C

Cabezas, J.
Carda, J. B.
Casagrande, M.
Clausell, A.
Coelho, J.
Cordoncillo, E.

D

Darío I. el Grande
de Castellón, Jaime I
Dondi, M.

E

Eberll, D. D.
Enrique, J.
Escribano, P.
Espinosa, A.

F

Ferrari, S.
Freitas, J.
Fumquén, J.

G

Galiano, J.
Galindo, R.
García, C.
García, J.
Gibertoni, A.
Gil, C.
Gippini, E.
González, H.
Gorchakov, G. I.
Gualtieri, A. F.

H

Heinzl, J.
Hertz, C. H.
Hue, P.

I

Inoue, A.
Instituto de Tecnología Cerámica (ITC-AICE)

K

Kamphoefner, F. J.
Kitagawa, R.
Kohyama, N.
Kuhn, L.

L

Luca della Robbia

M

Marciano, J.
Medeiros, D.
Milian, V.
Ministerio de Comercio Exterior
Mohs
Myers, A.
Nebot Díaz, I.
Negre, F.

P

Peiró, M.
Prado, A.

R

Raimondo, M.
Restrepo Baena, Óscar Jaime
Ríos
Ríos Rendón, C. M.

S

SACMI, Asociación española de técnicos cerámicos
Sales, J.
Sallamb, E.
Sánchez Muñoz, L.
Sánchez, J.
Segadaes, A.
Sousa, M.
Srodon, J.

T

Tuduri, F.

V

Villegas, Ma de los A.

W

Watanabe, T.

Z

Zanardo, A.
Zanelli, M.
Zauberas, R.

Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución

Hace parte de la Colección del Centro Editorial - Facultad de Minas.

Esta edición consta de 50 ejemplares.

Se imprimió en diciembre de 2011 en Todográficas Ltda. todograficas@une.net.co

En su composición se utilizaron caracteres Stempel Schneidler Std 11/13 puntos, formato de 16.5 x 24 centímetros. La carátula va en Propalcote 250 gramos y las páginas interiores en Bond de 75 gramos.