

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

**Escuela Técnica Superior de Arquitectura
U.P.C.
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I**

Recubrimiento de Superficies Arquitectónicas con Piezas Cerámicas

**Estudio comparativo de la evolución de los materiales,
técnicas de fabricación y puesta en obra entre los principales
centros productores españoles y otros países,
desde la Revolución Industrial hasta la actualidad.**

**Doctorando: María Celina Vacca
Director: Dr. arquitecto Jaume Avellaneda**

Barcelona, 2010

CUARTO BLOQUE: LA TECNOLOGÍA APLICADA A LA CERÁMICA EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

1. Evolución histórica del revestimiento cerámico: Período 1980/2005
2. Clasificación de los productos cerámicos protagonistas de este período
3. Los sistemas de colocación
4. Arquitectura y revestimiento: La tecnología al servicio de la arquitectura
5. Conclusiones parciales

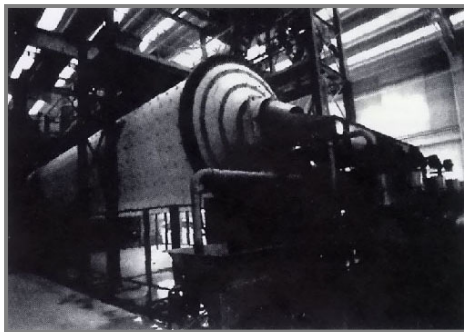
1- Evolución histórica del revestimiento cerámico: Período 1980/2005

1-1- Segunda reconversión industrial (1980 – 1993)

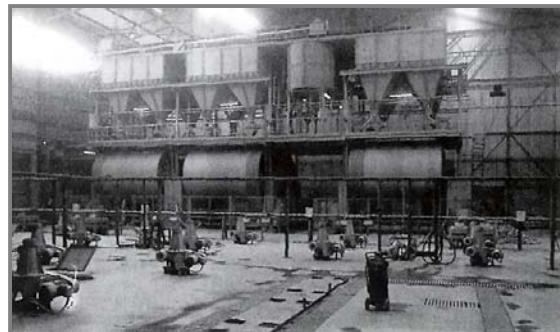
El sistema de cocción tendrá un rol protagónico en el desarrollo de la industria cerámica y será el que marque las innovaciones tecnológicas en este período. La revolución productiva se dará con la inclusión de los **hornos monoestratos**, que reducen el ciclo de la cocción a menos de una hora, y se comenzará a alcanzar la tan ansiada automatización de los procesos.

Mientras en Italia se consolidaba el proceso a la **monococción** a mediados de los 70, en España se alcanzará este objetivo a partir de la **llegada del gas natural a la Comunidad Valenciana en 1980⁽¹⁾**, que reemplaza al fuel-oil como combustible y que favorece la producción de pavimentos cerámicos de monococción.

- La producción se diversificará y se aplicarán los sistemas de bicocción tradicional, bicocción rápida y monococción de pavimentos y revestimientos.
- Aparecerán innovaciones aplicadas al desarrollo de los procesos de molienda de arcillas por vía húmeda y el consiguiente atomizado



Planta de molienda continua por vía húmeda



Batería de molinos en una planta de atomizado
(Grupo Iris, Italia)

- Aparece una poderosa **industria auxiliar**, tales como los proveedores de arcillas, plantas de fabricación de pigmentos para la decoración del vidriado, y la **industria auxiliar del tercer fuego** (o fuego añadido). Además se desarrollan diferentes centros de estudios e investigación para fomentar la industria cerámica.
- Se incorpora la robótica a algunas fases del proceso, como la utilización de plotters para la decoración, y se comenzará a experimentar con técnicas que utilizan láser⁽²⁾.

Estas mejoras son las que atañen al actual proceso de fabricación de piezas cerámicas.

Es durante este período que se triplica la producción de baldosas cerámicas con respecto al año 1980. Progresivamente irá desapareciendo la técnica de bicocción tradicional, la cual es reemplazada en parte por la bicocción rápida y, especialmente, por la monococción, progresivamente y a tal punto que en el año 1993 el 88 % de las baldosas cerámicas (azulejos y pavimento gresificado) es fabricado por este procedimiento⁽¹⁾.

El polvo de prensa se irá preparando progresivamente por vía húmeda con su posterior atomización. Se instalan **prensas hidráulicas** para el conformado de las piezas, **secaderos verticales** y **hornos monoestrato para su secado y cocción**, también con combustible de gas natural y se incorpora progresivamente personal técnico de grado superior a las fábricas con formación específica en tecnología cerámica.



Horno monoestrato a rodillos de fabricación italiana.

(Fábrica Vapahc, Argentina)

Las principales motivaciones y objetivos de este período se centrarán en la fabricación de piezas de **mínima porosidad y gran tamaño**, incorporar nuevas materias primas en el polvo de prensa para lograr **mayores prestaciones** y ampliar los usos de los revestimientos y pavimentos, optimizar las nuevas etapas de la fabricación en el proceso de la cocción, como consecuencia del paso de la bicocción a la monococción, y principalmente **proteger el medio ambiente**, reduciendo el consumo de energía y minimizando los residuos eliminados al entorno.



“Dona i Ocell”, escultura de Joan Miró, donde utiliza la técnica del trencadís. 1983, Barcelona.





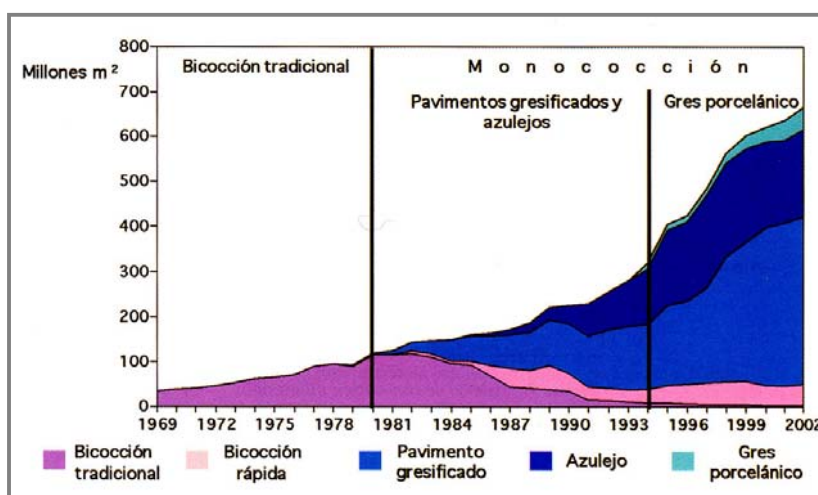
Roy Lichtenstein también hace su reinterpretación del trencadís en su obra "Cap de Barcelona". 1992, Barcelona

Fotos: María Celina Vacca

1-2- Siglo XXI: La actualidad y el posicionamiento de España en el mercado mundial

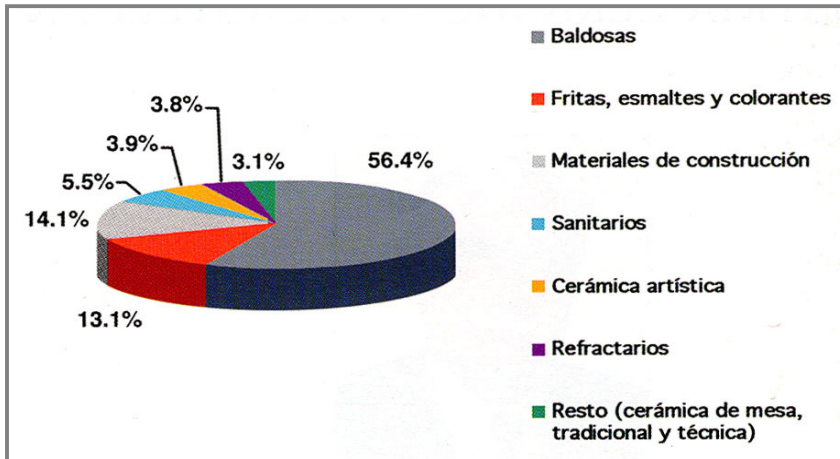
En este último período, a partir de 1994, hasta 2004, es cuando se consolida la fabricación del gres porcelánico pulido, no pulido y esmaltado, aumentando considerablemente su producción. Del mismo modo, están dando buenos resultados las últimas investigaciones en fabricación de materias primas para la obtención de soportes coloreados, así mismo como el desarrollo de las aplicaciones de fritas en seco, y la mecanización del acabado del producto final (rectificación y pulido).

La producción de azulejos por bicocción rápida se ha mantenido constante a los años anteriores, establecida en 50 millones de metros cuadrados/año, y la de gres esmaltado y azulejos por monococción, prácticamente se ha duplicado⁽⁴⁾.

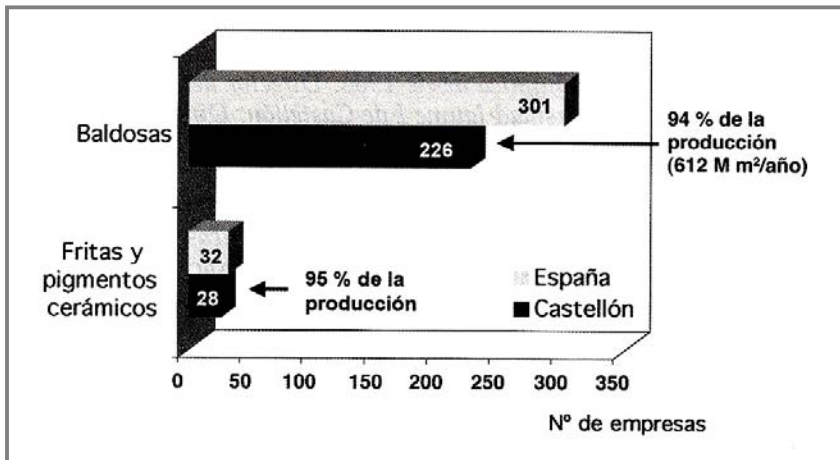


Fuente: ITC (Instituto de tecnología Cerámica)

Castellón posee actualmente el 70% de la producción cerámica española, repartida en 226 empresas de baldosas (el 94%) y 28 de fritas, esmaltes y pigmentos (el 95 %):

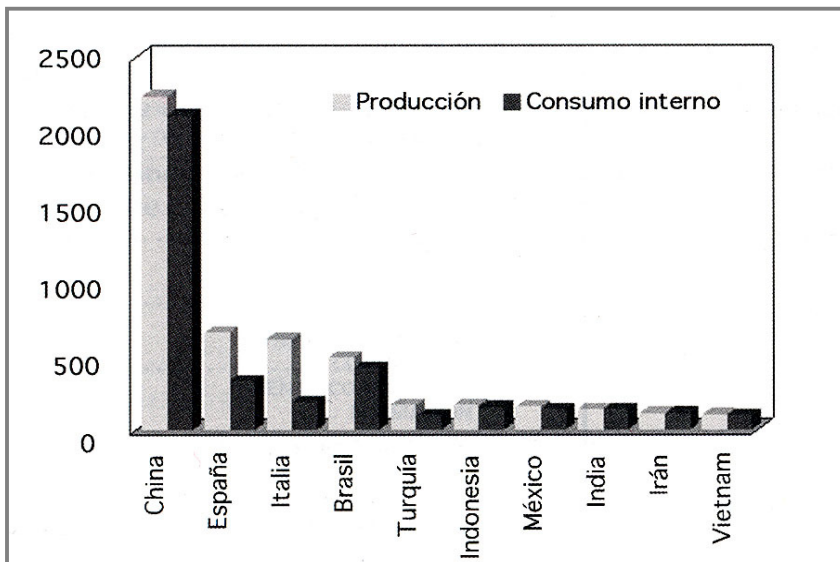


Fuente: ITC, ASCER, ANFFEECC, HYSPLIT, ANFRE, AVEC



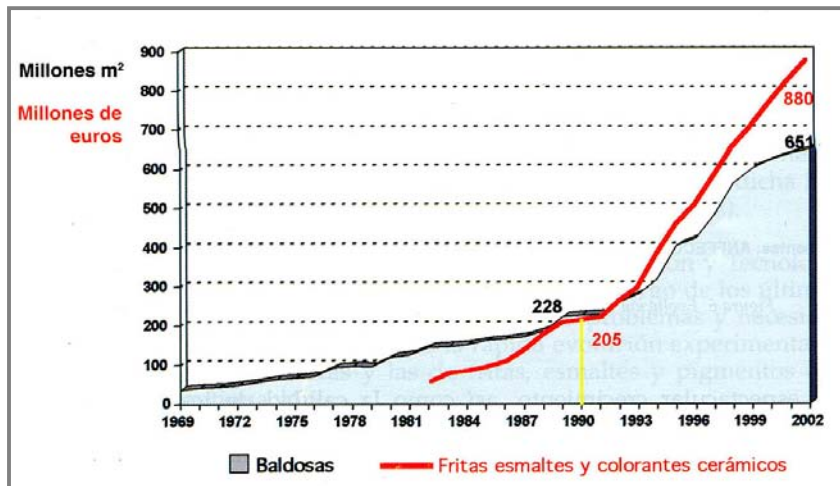
Fuente: ITC

Esto coloca a España en segundo y primer puesto en el ranking de la producción mundial:



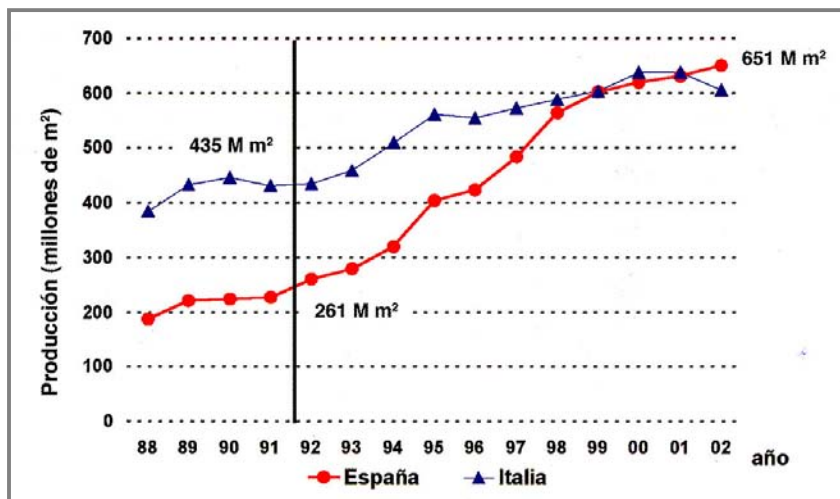
Fuente: Ceramic World Review

La producción en el sector industrial de baldosas se ha triplicado, y la producción de fritas, esmaltes y colorantes ha llegado a cuadruplicarse.



Fuente: ITC

En este subsector de baldosas y fritas y colorantes cerámicos, se ha superado actualmente a Italia, considerada líder mundial en estos dos mercados, al pasar de producir 228 metros cuadrados, a una producción de 651 metros cuadrados de baldosas cerámicas.



Fuente: ASCER

Este crecimiento ha puesto a España en la mira de las empresas competidoras de otros países y de expertos del ámbito empresarial, aunque hay que destacar también el trabajo conjunto de los equipos de personal técnico cualificado que permite perfeccionar las últimas tecnologías y desarrollar nuevos planes de investigación.

Fuente: Conferencia de Agustín Escardino Benloch (Instituto de Tecnología Cerámica) en Qualicer 2008⁽⁴⁾

1-3- La cerámica de alta tecnología y la artesanía industrializada en la arquitectura

Así como durante el Modernismo se hizo común el uso de piezas cerámicas y de terracota artesanales fabricadas con materiales y sistemas tradicionales por encargo de los arquitectos y diseñadas por éstos para su utilización en ubicaciones determinadas, en este período se recupera esa

tradición artesanal en la arquitectura, pero sustentada en todo el avance tecnológico que afecta tanto a materiales, fabricación, decoración y moldeado de las piezas. La informatización de los procesos, la inclusión de nuevos materiales, los nuevos sistemas de decoración y moldeado y el desarrollo de todo un sistema de investigación profesional a cargo de distintas instituciones oficiales y universitarias en el campo de la cerámica, ponen al alcance de los arquitectos la gran posibilidad de poder ampliar su inventiva para obras puntuales donde la creatividad y el diseño estén al servicio del proyecto.

Ahora encontramos artesanos con una profunda tradición ceramista y un gran conocimiento del material que tienen a su disposición todos los recursos para la producción de estas piezas por encargo directo de los arquitectos. En la recuperación de estos métodos artesanales, y bajo la supervisión de diferentes arquitectos encontramos obras donde quedan plasmadas las aspiraciones creativas de sus autores, y que aportan, sin duda, un gran potencial al mundo de la cerámica, ya no como un material tradicional, sino como un material que se proyecta, lleno de posibilidades, hacia el futuro.

Como labor artesanal merece una mención especial el mural que decora el puerto de Barcelona (1999), obra de **Toni Cumella** en el que utiliza un método de estampación fotográfica para lograr un verdadero cuadro cerámico.



(Foto: Toni Cumella)

Las piezas de base son de lava de Volvic (Francia) esmaltadas con esmalte blanco brillante opacificado con óxido de Zirconio y cocidas a 1000°C. La imagen se produjo partiendo del escaneo de dos negativos de 1916 propiedad del Puerto de Barcelona, de un fotógrafo anónimo. Se juntaron para lograr la vista panorámica y a partir de este archivo digital, se seccionó la imagen al tamaño de cada pieza. El esmaltado se hizo por medio de serigrafía sobre papel transfer con pigmentos cerámicos, transferida sobre la lava esmaltada ya cocida, y por medio de una segunda cocción se funde la imagen a 1000°C.

La lava de Volvic es una piedra de origen volcánico que se comporta como una cerámica, son minerales fundidos y por lo tanto cocidos de una forma natural. Estos minerales se han fundido durante la erupción a unos 1.300°C solidificándose al enfriarse, y debidamente cortados los bloques de piedra en láminas (baldosas) se puede esmaltar y cocer tranquilamente sin sobrepasar la temperatura de 1.000°C. Por lo tanto los tratamientos decorativos que se pueden aplicar son los mismos que en la cerámica de esta misma temperatura de cocción.

Fuente: entrevista con Toni Cumella

Un caso que también merece ser mencionado dentro de este apartado por lo curioso del diseño de sus piezas, es la presentación del **Pabellón de España en la Exposición Mundial de Aichi - Japón**, basado en el diseño de una envolvente de fachada ventilada de piezas cerámicas sujetas entre sí por

una estructura metálica de sujeción mecánica. Su creador, **Alejandro Zaera**, ha diseñado este pabellón con piezas hexagonales de gres de baja porosidad realizadas por **Cerámica Decorativa y Cerámica Cumella**, que conforman una fachada perforada de celosías cerámicas como colador de la luz.

De esta manera, el arquitecto lleva a Japón la amplísima tradición cerámica española, y representa en este pabellón la síntesis y reinterpretación de las culturas islámica y judeocristiana.

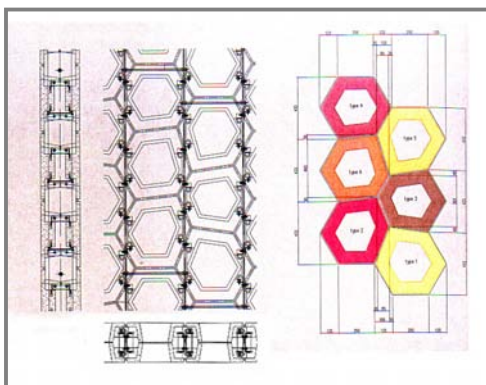


Detalle de las piezas expuestas en CEVISAMA 2005

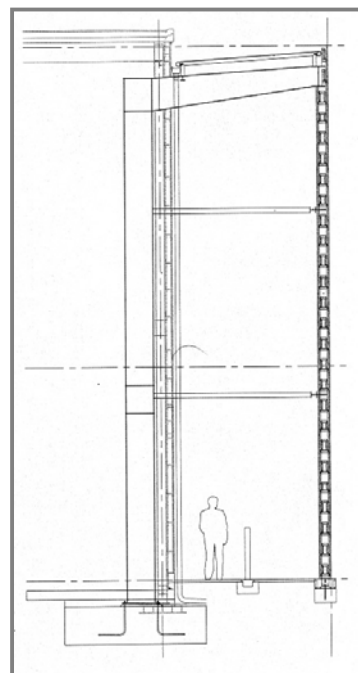
Fachada

La estructura y los anclajes de acero inoxidable diseñados por el mismo arquitecto, fueron construidos por la empresa japonesa **Takenaka** de gran prestigio en el mundo. El muro envolvente de 12 m de altura presenta una doble piel, ya que lleva las piezas cerámicas tanto en el exterior como en el interior, con la utilización de una totalidad de 12.500 piezas que ofrecen una apariencia de membrana irregular perforada en una paleta de colores cálidos que cuele la luz a través de las perforaciones creando un agradable juego de luces en su interior⁽⁵⁾.

El sistema se compone de catorce piezas, de las cuales seis son de forma de hexágono irregular, de 50 cm de anchura y 24 cm de espesor, cada una con su correspondiente pieza simétrica, mas 2 piezas especiales que forman las esquinas.



Detalles en seccion y alzado de la pieza cerámica y la fijación.



Sección⁽⁵⁾

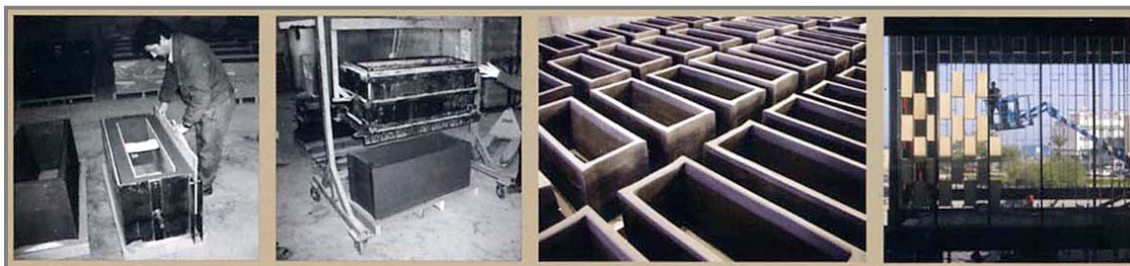


Para el conformado de estas piezas, han sido necesarios catorce moldes para pasta húmeda, ya que se las fabricó por prensado, y dos procesos de cocción (de 1250°C). Para asegurar la elevada resistencia de la pieza, se utilizó un horno túnel de cocción lenta para la primera cocción, con ciclos de secado de hasta cuatro o cinco días. Luego se aplicó el esmalte por aerografía y se procedió a la segunda cocción en un horno mufla con un período de veintiséis horas⁽⁶⁾.

También merece considerarse en este apartado el proyecto ganador de los *III Premios Azulejos de España de Arquitectura e Interiorismo* (23/11/2004) promovidos por *ASCER* (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos) perteneciente al **Estudio Paredes Pedrosa**. Para la entrega de este premio el jurado valoró "el esfuerzo por lograr una significación arquitectónica a partir de la investigación y manipulación de unas piezas cerámicas de alto valor artesanal y que permiten construir un atractivo acceso para un edificio de grandes valores espaciales y formales". (*Revista Azulejo – edición internacional*. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España)

El Palacio de Congresos de Peñíscola se presenta con un soberbio umbráculo de celosía que da entrada al hall, constituido por una serie de piezas cerámicas tridimensionales, recuperando esta forma tan utilizada en la arquitectura tradicional y en el movimiento Moderno.

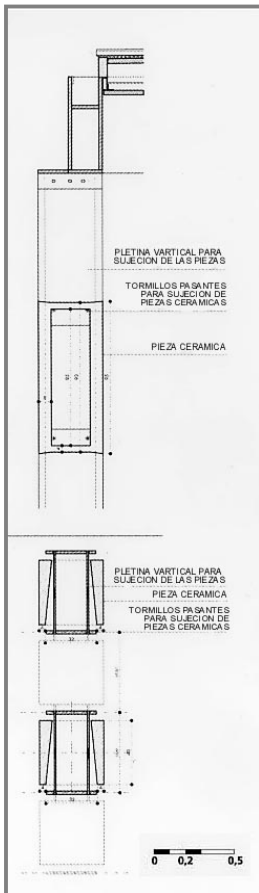
Se fabricaron aproximadamente **400 piezas de 100 x 40 x 40 cm. y de 80 kg c/u en gres de alta temperatura hechas a mano por artesanos valencianos**, rescatando las técnicas tradicionales de la fabricación artesanal de la cerámica, con una cocción lenta y gradual como la de los antiguos hornos para poder controlar las deformaciones producidas. La tonalidad natural de las piezas se escogió dándole una temperatura que no fuera demasiado alta⁽⁶⁾.



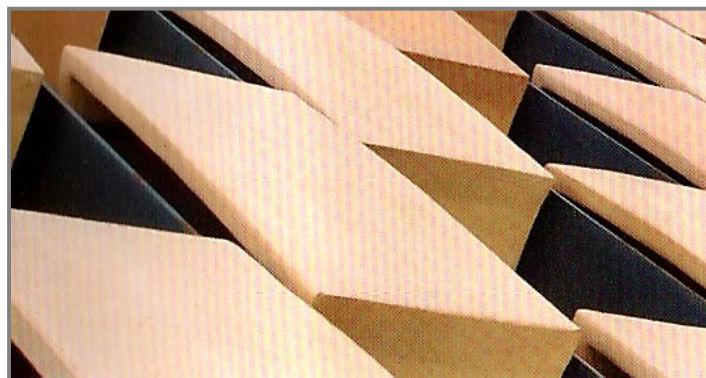
Proceso de conformado de las piezas en taller y secadero de las mismas⁽⁵⁾.



Este umbráculo actúa como un espacio de transición entre el interior y el exterior, que fluye a través de su cerramiento cerámico que intercala paños abiertos y cerrados como una celosía. Las piezas están unidas entre sí por fijación mecánica con una estructura metálica compuesta de pletinas y varillas.



Artesanos valencianos fabricaron las 400 piezas a mano, utilizando una cocción gradual como la de los antiguos hornos. Cada pieza presenta mide 100 x 40 x 40 cm y pesa 80 kg.



Sección (7).

En cuanto a la mención de uno de los proyectos de reciente ejecución para la **Expo-Zaragoza 2008**, encontramos el caso del **Pabellón de España**, del arquitecto **Patxi Mangado**, presentado bajo el lema *Ciencia y Creatividad*, y que tiene como objetivo presentar a España como un país preocupado por los problemas del cambio climático y la importancia del agua, y el desarrollo sostenible.

El Pabellón se compone de 4 cajas de vidrio rodeadas de 750 pilares de 15 m de altura, que sostienen una losa plana, que presenta colectores solares y depósitos de agua para recuperar el agua de lluvia⁽⁸⁾.



La imagen fue inspirada por los bosques de bambú, y los pilares representan los troncos de estos árboles.

Los pilares están formados por una columna de acero envuelta por piezas de tierra cocida, extrudidas del **Taller Cumella**, semicirculares, de 89 cm de altura por 30 y 20 cm de diámetro. Se unen entre sí y al pilar por anclajes metálicos atornillados, y soldados.



Pieza en proceso de fabricación
Fotos: Toni Cumella



Pieza en proceso de colocación
Muestra del sistema de sujeción,
entre piezas y al pilar expuesta en
Taller Cumella
Foto: María Celina Vacca



Con la recuperación de los métodos artesanales industrializados, convive una industria creciente que apuesta por la investigación en el campo de la producción de piezas cada vez menos porosas, más delgadas y de mayor formato, producidas en serie y con un gran rendimiento del material y de la producción.

Toda la inversión en investigación de estas piezas apunta a poder aplicarlas en campos que hasta ahora no eran previsible, y para su utilización en entornos donde la cerámica no era un material adecuado y que, actualmente, y gracias a estos avances tecnológicos, puede ser usada adaptándose sin ningún inconveniente.

Estas piezas han hecho que juntamente con el desarrollo de la industria cerámica, se desarrolle una industria paralela de maquinaria para fabricación y moldeado, lo que incluye prensas de grandes dimensiones y altas presiones y

de materiales para sistemas de colocación, tanto en seco como de adherencia directa, y de fachada ventilada.

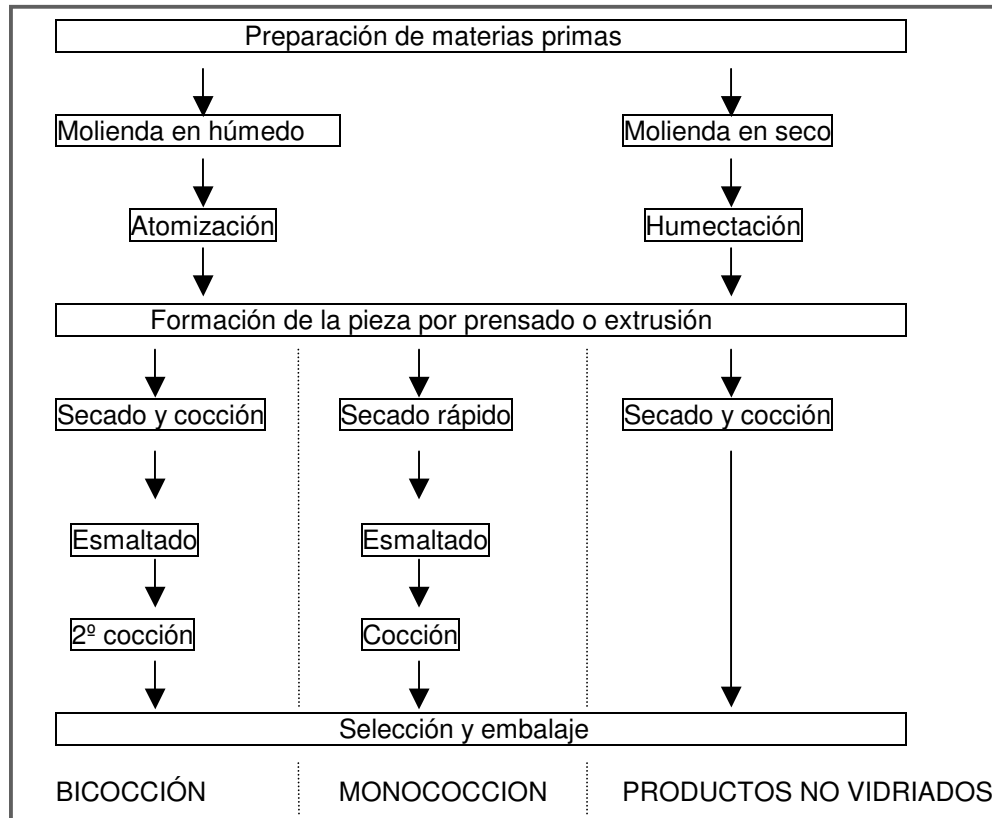
Analizando los pasos que ha seguido la historia de la cerámica como revestimiento exterior e interior después de la Revolución Industrial, vemos que es un material que ha pasado muchos avatares para llegar a lo que conocemos como las técnicas más actuales de fabricación y uso. Su persistencia en el uso es gracias a que solo responde al requerimiento de adaptabilidad, lo cual lo hace aplicable para interpretar el lenguaje de cualquier época, estilo o moda; y que en algunos casos ha sido insustituible por otros materiales que no han llegado a dar una respuesta tan favorable en cuanto a todas sus prestaciones. España es un país privilegiado en este sentido porque cuenta con la ventaja de una tradición y una tecnología avanzada, al ponerse a la vanguardia en fabricación y exportación superando incluso a sus competidores europeos y ganando el reconocimiento mundial en cuanto a la calidad de su producción; y contando con el interés que en técnicos y especialistas se despierta por este material, fomentando su investigación y descubriendo nuevas aplicaciones y mejoramiento del material. Solo es preciso desarrollar en la conciencia pública este protagonismo para permitir que se continúe avanzando tanto a nivel arquitectónico o técnico como intelectual y de investigación. Además hemos de tener en cuenta el estrecho lazo que mantiene unida la producción de cerámica española con respecto a América Latina con quien siempre ha comerciado, donde se aprecia la calidad de esta producción y donde se tiene clara conciencia de que la cerámica es el material propio y característico de la cultura hispánica.

1-4- Proceso de fabricación actual del revestimiento cerámico y su impacto ambiental

A continuación se especifica, paso por paso, y en forma consecutiva, los pasos a seguir en la fabricación de la baldosa cerámica. Cabe destacar que los procesos de fabricación empleados en los revestimientos y pavimentos no tienen ninguna influencia sobre la calidad y el nivel de prestaciones del producto, sino más bien, es la correcta realización de los mismos lo que verdaderamente influye en estos aspectos.

Así mismo, se tiene en cuenta el impacto ambiental que la industria de la cerámica produce en el medio, dado que la tipología de residuos generados es muy amplia debido a la cantidad y variedad de materias primas, productos, aditivos, etc. Por medio de la normativa, se intenta reducir y valorizar dentro de lo posible, la cantidad de residuos generados, por lo que se detallan el tipo de residuos procedentes de cada etapa y las medidas preventivas que son aconsejables tomar en cada caso. Cabe destacar, que la industria cerámica española está dentro del ámbito de la Directiva 96/61/CE del Consejo, que refiere a la prevención y control integrados de la contaminación, más conocida como la IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) ⁽¹²⁾.

La consecución de procedimientos para llegar a la fabricación de la baldosa cerámica es la siguiente:



Fuente: "Manual-guía técnica de los revestimientos y pavimentos cerámicos"
 José L. Porcar – Instituto de Tecnología Cerámica, Diputación de Castellón, 1986

Existe también la posibilidad de añadir un tercer fuego para un decorado adicional en piezas acabadas.

1-4-1- Preparación de materias primas para el soporte:

Las materias primas usadas en la fabricación del soporte de las baldosas cerámicas se extraen de canteras a cielo abierto que pueden ser tratadas antes de ser enviadas a la fábrica o bien usarse directamente, de acuerdo a sus características, pero su procedencia natural exige en la mayoría de los casos una homogenización previa para dar continuidad a sus características. Luego se almacenan a cielo abierto o en naves industriales.

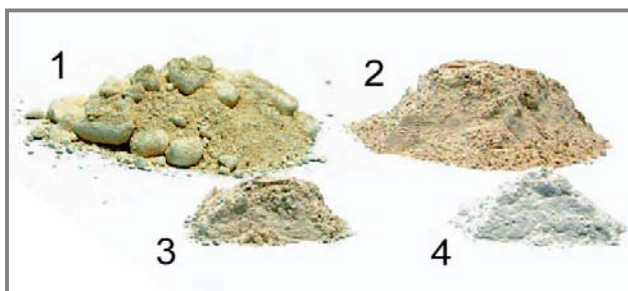
La materia prima está compuesta por materiales que pueden englobarse en dos grandes grupos de acuerdo a su comportamiento en el agua:

- Depósitos de **materiales plásticos** o semicoherentes: arcillas, caolines, arenas y otros productos intermedios
- Yacimientos de **materiales no plásticos** (pétreos o semipétreos):
 Desengrasantes: Arena de sílice, feldespato potásico, arcilla deshidratada, escorias granuladas, chamota (material cerámico granular obtenido de la arcilla quemada triturada), materiales orgánicos.
 Fundentes: feldespatos, carbonato cálcico, carbonato potásico, carbonato sódico, óxidos de hierro sílice, talco y dolomitas, wollastonitas y cuarzo, utilizados como aditivos en las pastas cerámicas⁽⁹⁾.

La calidad del producto acabado dependerá únicamente de la calidad de las materias primas y del correcto proceso de fabricación, por lo cual, los

requerientes para que la materia prima sea la apropiada han de cumplirse tres condiciones básicas:

- La plasticidad de la pasta ha de ser la suficiente que permita un correcto moldeado y que la pieza moldeada adquiera suficiente resistencia mecánica en seco. Esto se logra con una correcta relación entre elementos plásticos y no plásticos en la composición.
- Si se va a realizar el tratamiento por vía húmeda, la mezcla ha de ser fácilmente defloculable.
- Debe poseer una composición química y mineralógica adecuada para que durante la cocción, las transformaciones fisicoquímicas confieran al producto las propiedades deseadas (coeficiente de dilatación, resistencia mecánica, porosidad, etc.). Del mismo modo la pasta ha de ser lo mas sensible posible a las variaciones de temperatura de cocción dentro de un cierto intervalo.



Ejemplo:
Composición del gres porcelánico TAU:
1- Arcilla: 40%
2- Feldespato: 40%
3- Caolín: 10%
4- Cuarzo: 10%
(Catálogos TAU Cerámica)

1-4-1- Preparación previa de las materias primas para el soporte:

Trituración y molienda:

La preparación de las materias primas es el proceso de trituración y molienda de las materias primas a fin de reducir el tamaño de los gránulos para aumentar su superficie y facilitar los procesos siguientes al uniformar las mezclas. Podrá ser por **vía húmeda** o **por vía seca** dependiendo de que este proceso se lleve a cabo en presencia de agua o no. Reduciendo el tamaño de los gránulos se aumenta la reactividad entre materiales y se disminuye la incidencia de las impurezas que puedan estar presentes en las materias primas.

El tipo de trituración dependerá de las características de las materias primas, como la dureza, que presenta dificultades a la hora de su desintegración. Algunas materias como las pegmatitas, talcos, dolomitas y algunas arcillas compactas como la de Moró no son recomendables para la molturación por vía seca, porque producen una alta abrasión en los molinos y generan gran cantidad de impurezas. Esto va sumado a la dificultad que presentan para obtener de ellas partículas de tamaño pequeño⁽¹⁾.

La molienda por vía húmeda permite la molienda más fina, y un mejor tamizado en la eliminación de impurezas. Es ideal para la molienda de arcillas con presencia de impurezas como las calizas, dolomitas, piritas, carbón, etc.

Otro aspecto a tener en cuenta es la dificultad que presentan algunas pastas al ser defloculadas, bien sea por la plasticidad excesiva de algunas arcillas o por la excesiva cantidad de sales solubles flocculantes como los sulfatos. Esto determina que una arcilla sea o no apta para su procesamiento

por vía húmeda. Composiciones difíciles de deflocular requerirán un aumento de la cantidad de defloculante utilizado en esta etapa, con su consiguiente aumento de costo.

El proceso de molienda por vía seca y humectación tradicional ha evolucionado hacia la granulación en los proceso por vía seca, mientras que la molienda por vía húmeda se utiliza cuando los requerimientos de calidad son altos. España utiliza la molienda por vía húmeda en más del 80% de su producción.

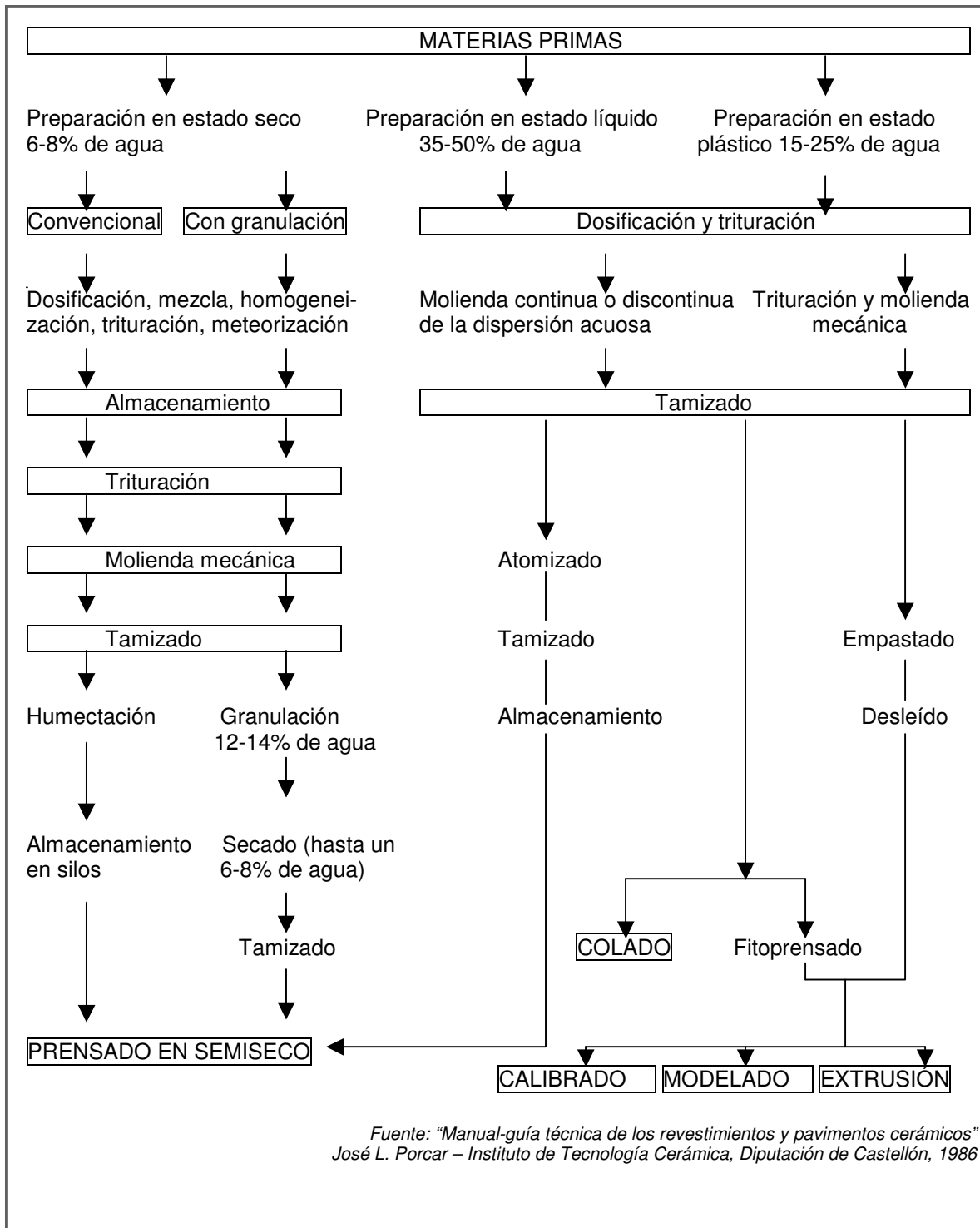
- Molturación por vía seca:

Las partículas resultantes oscilan en un tamaño de entre las 200 y 300 micras⁽¹⁾. Esta molienda se desarrolla en **molinos de martillos, anillos, muelas, barras, y también molinos pendulares**, los cuales permiten una clasificación neumática del material de acuerdo a la granulometría y en ciclo cerrado⁽¹⁾.

La humectación y granulación son los pasos siguientes a la molienda por vía seca cuando la pieza cerámica vaya a ser obtenida por prensado. El contenido de agua deberá ajustarse entonces, a una cantidad suficiente que permita una correcta compactación y no pasarse del límite que podría provocar la adhesión a los punzones del molde. Esta cantidad de agua ha de oscilar entre un 4 y un 8 %⁽¹⁾.

Para la compactación de baldosas cerámicas de baja porosidad deben evitarse las granulometrías medias y bajas, y para ello la molienda y humectación deben producir un gránulo similar al obtenido por el proceso de molienda por vía húmeda. Esto se logra con la utilización de **molinos pendulares** para la molienda, y para el proceso de granulación se han incorporado los siguientes tipos de granuladores:

- Granuladores de eje vertical sin secado: homogenizan la humedad
- Granuladores de eje vertical con secado: Se logra un gránulo casi esférico y con una humedad del 12 al 14 %.
- Granuladores de eje vertical con secado en lecho fluido: mejora la homogeneidad y la humedad del granulado es constante.



- Molturación por vía húmeda:

Es un proceso por el cual se obtiene una *barbotina* al mezclar las arcillas y sus aditivos con agua. Este proceso se lleva a cabo en un **molino continuo a bolas de Al₂O₃** (óxido de aluminio: una cerámica de avanzada resistente a temperaturas elevadas, a la fricción y al impacto). Las materias primas también pueden desleírse directamente. Esta barbotina presenta un contenido de agua que oscila entre 0,30 y 0,45 Kg. de agua / Kg. de sólido seco⁽¹¹⁾.

Luego, la barbotina es sometida a un proceso de **atomización** en el cual se elimina una parte del agua que contiene hasta alcanzar el contenido de humedad necesario para cada proceso. Para reducir la cantidad de agua a un límite de 0,05-0,07 Kg. de agua / Kg. de sólido seco, se realiza un proceso de secado (atomización) en el cual, la suspensión pulverizada en finas gotas entra en contacto con aire caliente a 600° C para llegar a un producto sólido de bajo contenido de agua.



Cubeta de barbotina a la salida del molino.
(TAU Cerámica)

Foto: M. Celina Vacca

Durante el proceso de atomización se desarrollan las siguientes actividades:

- Bombeo y pulverización de la suspensión
- Generación y alimentación de los gases calientes
- Secado por contacto gas caliente-gota suspensión
- Separación del polvo atomizado de los gases por distribución granulométrica

Los atomizadores siguen la siguiente secuencia:

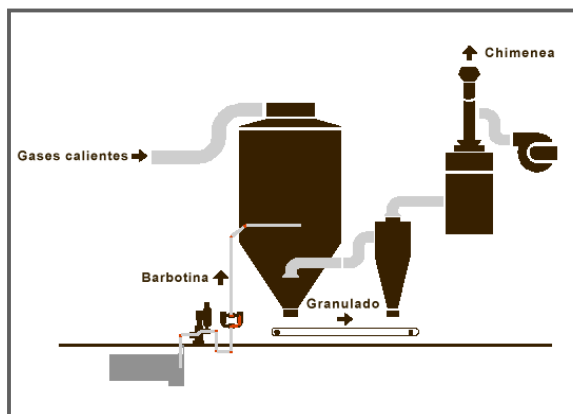
-Por medio de bombas a pistón se bombea la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda con un contenido de entre un 60 y un 80 % de contenido en sólidos, a un sistema de pulverización.

-Una corriente de aire caliente seca la barbotina nebulizada y dividida.

-El granulado resultante, con una humedad de entre el 5 y el 7 % es transportado por cintas a los silos donde se almacenará hasta su uso, para lograr una homogeneización final de la humedad⁽¹⁾.



Atomizador



Esquema del proceso de secado por atomización

Fuente: Ascer⁽¹¹⁾

Las ventajas de la molienda en húmedo y su posterior atomización es que se logran gránulos de menos de 200 micras, casi esféricos y huecos en su interior, con una gran fluidez, lo que favorece el prensado, sobre todo en piezas de gran formato; y que la consecución de las operaciones de secado y granulación con el mismo equipo, y la continuidad que conlleva, favorece las operaciones automatizadas.



Polvos de atomizado a la salida del atomizador

(TAU Cerámica)
Foto: María Celina Vacca

*** Principales residuos generados⁽¹²⁾:**

En la etapa de la preparación de pastas, molienda y atomización, se generan residuos sólidos en forma de partículas y polvo, resultantes de la depuración de gases procedentes de la aspiración de molienda y del atomizador. Estas partículas son del tipo no peligroso.

Acciones de prevención

En la extracción:

Prevenir la acción difusa de polvo mediante:

- Riego con agua
- Pavimentación de pistas para camiones
- Instalación de pantallas contra vientos

Reducción del impacto visual:

- Reforestación simultánea a la explotación de la mina

Planes de rehabilitación de la cantera:

- Reforestación durante, y al finalizar la explotación
- Recuperación total o parcial de la orografía original del entorno

En la homogenización:

Prevenir la acción difusa de polvo mediante:

- Riego con agua
- Instalación de pantallas contra vientos
- Implantación de vegetación
- Altura limitada de los montones
- Almacenamiento en graneros cerrados o semicerrados
- Instalación de sistemas de limpieza de camiones a las salidas

En el transporte y suministro: Prevenir la emisión difusa de polvo mediante:

- Pavimentación de los accesos para camiones
- Cubrir la carga del camión con toldos
- Evitar pérdidas de cargas de los camiones
- Implementar un sistema de limpieza de los camiones

Emisiones atmosféricas:

Recepción de materias primas: Durante este proceso se producen emisiones de partículas sólidas. Para prevenir y controlar estas emisiones se sugiere:

- Limitar la altura de los montones
- Humectar el material
- Instalar vallas perimetrales
- Almacenar en lugares cerrados o semicerrados
- Pavimentar los accesos para camiones
- Encerrar focos puntuales como trituradores.

Preparación de materias primas: También se eliminan en este proceso una cantidad de partículas sólidas, para lo cual se sugiere:

- Utilizar sistemas neumáticos para transportar las materias primas
- Instalar tomas de aspiración
- Depurar gases generados en la atomización
- Cubrir las caras de camiones con toldos y evitar pérdidas
- Implementar un sistema de limpieza a la salida de los camiones

Residuos:

La principal acción preventiva en materia de residuos, es la máxima disminución de la cantidad de residuos generados. Para esto se sugiere durante la preparación de las materias primas una recuperación en el mismo proceso del material captado en el sistema de depuración de los gases del atomizador.

Ruido:

En cuanto a la contaminación acústica, dentro de las acciones preventivas, se incluye una selección de equipos con bajo nivel de generación de ruidos, aislamiento de motores, insonorización de salida de gases, etc.

Dentro de la fase de preparación de las materias primas se sugiere insonorizar las maquinarias que generen ruidos hacia el exterior de la fábrica, como los filtros de manga, dispositivos Venturi, sistemas de cogeneración, etc.

Energía:

Las acciones preventivas en cuanto al ahorro energético en la fase de preparación de las materias primas, son las mismas que se sugieren para las fases de secado y cocción.

Estas son:

- Uso de combustibles gaseosos (gas natural o GLP), para que el contacto de los gases de la combustión sea directo con el producto, a fin de conseguir una mayor eficacia energética, menor emisión de CO₂, y minimizar la emisión de compuestos de azufre.

- Aprovechamiento del calor residual de corrientes gaseosas, como por ejemplo el precalentamiento del aire de combustión, o la reutilización de los gases de enfriamiento en los secaderos.
- Uso de motores y turbinas de cogeneración.
- Medidas de ahorro de energía eléctrica por medio de la instalación de variadores de frecuencia, el funcionamiento intermitente de los agitadores de barbotina y la parada automática de los equipos.

1-4-2- Formación de la pieza:

Desde las últimas décadas del S XIX se han desarrollado los dos sistemas casi exclusivos en el método de conformado de las piezas cerámicas: **extrusión y prensado en semiseco**. También existe el sistema de **colado o moldeado**, que se utiliza para la formación de piezas de geometría compleja o para altorrelieves en usos específicos del diseño arquitectónico, pero es el menos utilizado⁽¹⁾.

El prensado es el proceso de moldeo más utilizado porque se consigue mayor estabilidad dimensional en el producto obtenido. El 95% del total obtenido en España es por prensado.

Prensado en semiseco:

Es el procedimiento más económico y eficaz en el conformado de las piezas de geometría regular. Este procedimiento se desarrolla por medio de la acción de una compresión mecánica de la pasta en un molde metálico mediante el uso de **preñas hidráulicas**. El polvo de arcilla debe presentar una humedad que oscile del 4 al 8 %. Si la humedad supera el 8 % será necesaria la utilización de moldes de escayola, o la lubricación continua del molde.

El sistema de prensado se basa en **preñas oleodinámicas**, con una fuerza de presión que alcanza los 500 kg de presión para el gres porcelánico, y que realizan el movimiento del pistón contra la matriz por medio de la compresión de aceite y presentan una serie de ventajas, como la elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación, constancia en el tiempo del ciclo de prensado preestablecido, mínima mano de obra, facilidad en el secado posterior de las piezas y una mínima deformación en las fases posteriores⁽¹⁾.

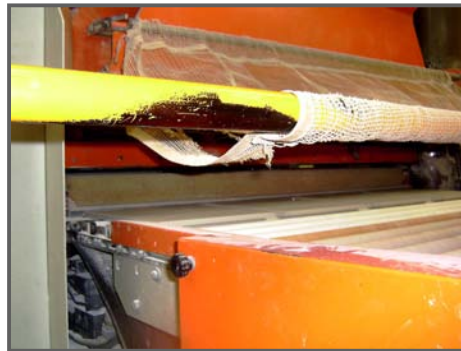
Las variables en este proceso son la presión y la velocidad del prensado, y la humedad y distribución granulométrica de los polvos de arcilla.

Últimamente se ha introducido el uso de revestimientos de caucho en los punzones metálicos, lo que permite aumentar la productividad como también reproducir relieves sin tener que proceder a la limpieza permanente del punzón, requerida por la arcilla adherida. Así mismo, las texturas en las superficies de las piezas se han visto muy favorecidas con la inclusión del sistema de fotoinscripción sobre el acero, que permite reproducir sobre los punzones detalladísimos grafismos y dibujos.



Prensa hidráulica de procedencia italiana. (Fábrica **Vapahc**, Argentina)

Fotos: María Celina Vacca



Prensa hidráulica para el prensado piezas de grandes dimensiones de gres porcelánico y salida de las piezas prensadas.

(TAU Cerámica)



Prensa y molde con circuito de aire para desmoldar, para el conformado de las piezas utilizadas en el **Pabellón de España** (A. Zaera) en Aichi (2005).

Cerámica Decorativa Cumella, Granollers.

Fotos: María Celina Vacca

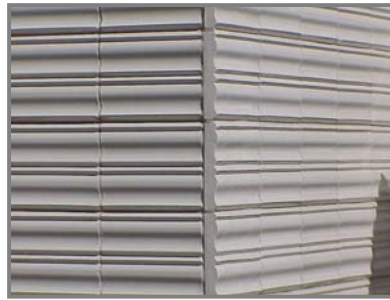
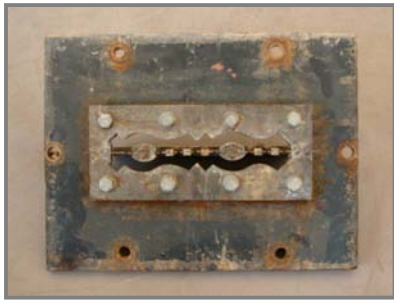
Extrusión:

Es el sistema típico utilizado en la cerámica estructural, pero que también se aplica a los revestimientos y pavimentos cerámicos. Se utiliza mucho en piezas de terminación tipo rústico, o a lo sumo con un único vidriado, aunque en España la producción de cerámicos conformados por extrusión es bastante limitada.

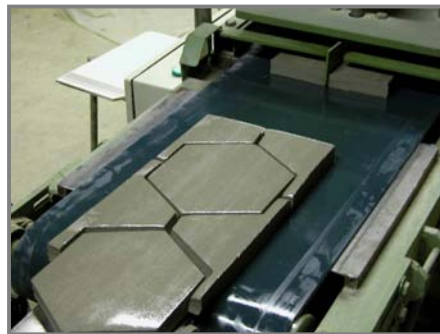
Consiste en el paso de una columna de arcilla con una humedad comprendida entre el 15 y el 25 % a través de una matriz metálica que confiere la geometría a la pieza. Posteriormente, pasa por una cortadora que determina las unidades con medidas preestablecidas⁽¹⁾.

La extrusora consta de un sistema propulsor que comprime y empuja la pasta a través de la matriz acoplada a la salida del sistema propulsor. Esta matriz es metálica y tiene una geometría acorde a la pieza que se quiera obtener. Finalmente hay una cortadora de alambre que secciona la pieza obtenida en las piezas finales.

Las extrusoras se clasifican de acuerdo al sistema propulsor: mediante rodillo, pistón, o hélice.



Boca de salida de la extrusora de Cerámica Cumella para la fabricación de las piezas utilizadas en el friso del Edificio El Triangle, Barcelona⁽¹³⁾



Piezas para la cubierta del mercado de Santa Catalina (Miralles – Tagliabue), en la boca de salida de la extrusora⁽¹³⁾



Pieza de gran formato extrudida del Taller Cumella, esmaltada, de monococción, de 1,70 x 36 m. Para uso en fachadas ventiladas. Foto: María Celina Vacca en Taller Toni Cumella.

Colado:

Este sistema se utilizó mucho para el conformado de piezas durante el período modernista, debido a que los diseños exigidos por los arquitectos a los ceramistas eran piezas tridimensionales de formas complejas que exigían un molde para su conformado⁽¹⁾. Actualmente, con la recuperación de las técnicas artesanales, el trabajo conjunto de ceramistas con arquitectos, y la necesidad de restaurar obras con piezas tridimensionales y únicas, se está volviendo a utilizar esta técnica, enriquecida con el aporte de la informática para el conformado de moldes.



Máquina para
moldeado por
colado con
cuerpo de yeso
Pieza conformada
por colado para la
restauración de la
Sagrada Familia
(Taller Cerámica Cumella)

Fotos: María Celina Vacca

* Principales residuos generados⁽¹²⁾:

Durante el proceso de conformado de piezas, se generan dos tipos de residuos:

- Piezas crudas rotas o defectuosas sin esmaltar, que son los residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción. Son residuos de tipo inerte.
- Residuos sólidos resultantes de la depuración de las tomas de aspiración instaladas en prensas. Son partículas y polvo no peligrosos.

Acciones preventivas

Emisiones atmosféricas:

Durante este proceso se liberan partículas sólidas, para lo cual es aconsejable:

- Utilizar sistemas neumáticos para el transporte de materias primas
- Instalar tomas de aspiración
- Depurar la corriente de aire aspirada (filtros de mangas)

Residuos:

- Recoger y almacenar los restos de piezas defectuosas para su reincorporación y reutilización en el mismo proceso.
- Recuperar el material captado en las tomas de aspiración ubicadas en las prensas
- Almacenar los aceites utilizados.

Ruido:

Insonorizar y controlar la emisión de ruidos al exterior de prensas, sistemas de depuración (filtros vía húmeda, filtros Venturi, filtros de mangas, etc).



Filtro de pantalla acústica.

Secado:

Luego del prensado en semiseco se ha de proceder al secado de las piezas, para reducir el contenido de humedad hasta niveles del orden de 0,2-0,5 % a los efectos de que las fases siguientes se desarrollen correctamente.

En este proceso se incluyen dos etapas: una reducción de la humedad hasta que la pieza esté en equilibrio con el aire, y un proceso final de deshidratación. En este proceso intervienen cuatro factores:

- La naturaleza de la superficie del material,
- La superficie específica del mismo,
- La temperatura y humedad del aire,
- La cantidad de aire en contacto con el material⁽¹⁾.

La materia prima y el proceso de conformación le infieren a la pieza un contenido de agua que, si estos procesos han sido correctos, esta cantidad de humedad será homogénea; de modo que la eliminación de esta humedad también debe producirse de forma homogénea, continua, progresiva y uniforme.

En los secaderos utilizados en la industria cerámica, el calor se transmite por convección, desde gases calientes a las superficies de las piezas y desde las paredes del secadero a dichas piezas. Por eso, el desplazamiento de agua a través de la pieza y del gas es simultáneo y consecutivo, y el aire debe ser caliente y seco.

Las piezas se introducen en el secadero, donde se ponen en contacto en contracorriente con los gases calientes que son generados en un quemador o por gases calientes procedentes de la chimenea de enfriamiento del horno.

Existen dos tipos de secaderos:

-Secaderos verticales: Las piezas se colocan en planos metálicos formando varios planos llamados “cestones”. Los cestones se mueven verticalmente por el interior del secadero entrando en contacto con los gases calientes. La temperatura en este tipo de secaderos normalmente es menor a 200° C y los ciclos de secado oscilan entre los 35 y 50 minutos⁽¹⁾.



Secadero vertical
(Marca *Gambarelli Impianti*)

-Secaderos horizontales: La concepción de los secaderos horizontales es la del tipo de un horno a rodillos. Las piezas se introducen en planos en el interior del secadero y se mueven horizontalmente por encima de los rodillos. Los quemadores que generan el aire caliente se ubican a los laterales del horno. La temperatura alcanzada es de 350° C y los ciclos, entre 15 y 25 minutos. El consumo energético en este tipo de hornos es menor que en los verticales por una mejor disposición de las piezas dentro del secadero y a una menor masa térmica.

La emisión resultante es una corriente de gases a 110° C con muy baja concentración de partículas en suspensión⁽¹¹⁾.



Secadero horizontal de piezas de gres extrudidas para fachadas ventiladas (Taller Toni Cumella)

Foto: María Celina Vacca

- **Principales residuos generados⁽¹²⁾:**

En el proceso de secado, los residuos resultantes son piezas crudas, rotas o defectuosas sin esmaltar, las cuales son residuos procedentes de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción. Son residuos de tipo inerte.

Acciones preventivas

Emissiones atmosféricas:

- Limpiar periódicamente el interior del secadero
- Recuperar los gases calientes de la etapa de cocción

Residuos:

- Almacenar en contenedores específicos las piezas desechadas para su recuperación en la preparación de pastas
- Almacenar los aceites usados

Energía:

- Uso de combustibles gaseosos (gas natural o GLP), para que el contacto de los gases de la combustión sea directo con el producto, para conseguir una mayor eficacia energética, menor emisión de CO₂, y minimizar la emisión de compuestos de azufre.
- Aprovechamiento del calor residual de corrientes gaseosas, como por ejemplo el precalentamiento del aire de combustión, o la reutilización de los gases de enfriamiento en los secaderos.
- Uso de motores y turbinas de cogeneración.
- Medidas de ahorro de energía eléctrica por medio de la instalación de variadores de frecuencia y por medio de la parada automática de los equipos.

1-4-3- Cocción:

Se entiende por cocción al calentamiento de las piezas crudas moldeadas, vidriadas o no, seguido de un enfriamiento, ambas fases según un

plan preestablecido. Durante la cocción se le confieren al producto cerámico sus características finales, y se ponen de manifiesto en forma irreversible las falencias de los procesos anteriores. Aquí quedan definidos los procesos de sinterización del cuerpo cerámico y la maduración de los vidriados que determinarán la mayoría de las características: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego, etc.

En la calcinación, la pasta cerámica irá sufriendo una serie de cambios de fases de acuerdo a la temperatura que vaya alcanzando en el horno, que le conferirán sus características finales, apareciendo aquí un cambio fundamental en su estructura interna. A partir de este cambio, todos los procesos anteriores serán irreversibles, y el producto que salga defectuoso no podrá volver atrás en el ciclo de fabricación quedando con desecho inorgánico inerte.

450 a 600°C: La caolinita ($\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) se deshidrata y forma caolinita anhidra ($2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$: metacaolinita).

700°C: Se descompone la metacaolinita anhidra en alúmina y dióxido amorfo de sílice (Al_2O_3 y SiO_2)

900 a 1000°C: El dióxido amorfo de sílice y alúmina se unen nuevamente formando silicato alumínico anhidro. Se forma primero espinela de sílice ($3\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) y posteriormente mullita ($2\text{Si}_2 \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3$) quedando sílice liberado en forma de vidrio y pasando al estado pétreo de forma totalmente irreversible.

>1000°C: Cristalización de los silicatos en agujas

~1800°C: Fusión y vitrificación del material.

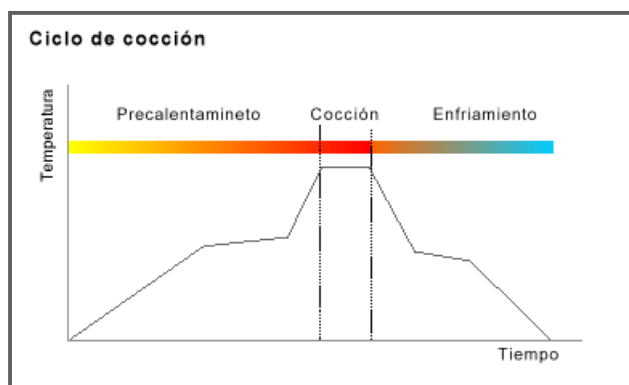
Los productos obtenidos por temperatura, podrían clasificarse, a grandes rasgos:

900 a 1000°C: Cerámica porosa de absorción de agua $\geq 10\%$

1000 a 1300°C: Cerámica semiporosa (loza y "semigres") de absorción de agua del 10% al 3%

1300 a 1500°C: Cerámica impermeable (gres, gres porcelánico, porcelana y refractarios) de absorción de agua $\leq 3\%$.⁽³⁰⁾

Durante la cocción, las piezas sufrirán una serie de modificaciones temporales, como las de dilatación y contracción. Al finalizar el proceso, la pieza habrá sufrido una compresión definitiva reduciendo sus dimensiones desde un 0,9 % en piezas del grupo **B III** (s/normativa) hasta un máximo del 8% en piezas de gres porcelánico. Es fundamental establecer una curva de temperaturas y un ciclo temporal adecuado bajo un continuo control, para evitar que las contracciones y dilataciones de la pieza produzcan daños irreversibles en la misma. También deben ser uniformes la temperatura y la atmósfera en cualquier sección del horno. Las variables fundamentales a considerar durante la cocción son el ciclo térmico (temperatura-tiempo) y la atmósfera del horno, que deben adaptarse a cada composición y tecnología de fabricación, dependiendo del producto cerámico que se desee obtener⁽¹¹⁾.



Fuente: ASCER

Los hornos se clasifican según tres criterios⁽¹⁾:

- Respecto del tipo de proceso térmico: **intermitentes y continuos**
- Respecto de la forma de calentamiento: eléctricos o de combustión, a su vez, los de combustión se subdividen de acuerdo al tipo de combustible: sólido, líquido y gaseoso.
- Respecto de la disposición del material en relación a los productos de la combustión: muflados, semimuflados o de llama directa.

El horno usado en la actualidad es el **horno monoestrato de rodillos** con combustible gaseoso (gas natural, que está libre de azufre y libera al ambiente CO₂). Estos hornos han reducido los ciclos de cocción de 12 horas a 40 minutos, mejorando los coeficientes de transmisión de calor de las piezas, y la uniformidad y flexibilidad de los mismos. Al consumir energía de un combustible gaseoso, no se generan las partículas propias de combustibles líquidos o sólidos que pueden perjudicar la estructura de la pasta de arcilla. A su vez, se abarata el gasto energético, puesto que se usa solo la energía necesaria para la cocción de las piezas evitando el calentamiento de las enormes masas refractarias. En este tipo de horno, las piezas se desplazan sobre rodillos, y los quemadores que aportan el calor se ubican en las paredes del horno. Los principales mecanismos de transmisión de calor son la convección y la radiación. Por ser **hornos no muflados** el contacto de los gases con el producto es directo, reduciendo el consumo energético en ciclos de menor duración y mejorando los coeficientes de transporte del calor⁽¹¹⁾.

Al ser las condiciones de cocción más homogéneas, se consigue también uniformar las calidades, se consigue la baldosa en una sola cocción, y se facilita la obtención de grandes formatos.



Piezas a la salida de boca de horno
(Fábrica **Vapahc**, Argentina)
Foto: *María Celina Vacca*



Horno monoestrato a rodillos.

En estos hornos, existen chimeneas de evacuación de humos. Los gases calientes resultantes de la cocción se emiten a la atmósfera por dos focos emisores: los humos procedentes de la zona de precalentamiento y cocción se emiten al exterior por una chimenea ubicada a la entrada del horno, y los humos de la zona de enfriamiento se emiten por una chimenea ubicada a la salida del horno.

En la etapa de la cocción se puede realizar una clasificación dependiente del tiempo de duración de esta fase, que puede ser rápida o lenta, en función de dos aspectos principales:

- **La materia orgánica presente en la pasta:** Esta se ha de oxidar durante el proceso de cocción por lo cual, la reacción de oxidación limita la velocidad máxima permisible del ciclo de cocción. No se aconseja usar en ciclos de cocción rápida en pastas con compuestos de materia orgánica superior al 0,2%, expresada en carbono.
- **El tamaño de la partícula de la materia prima** que compone la pasta: debe ser menor para los procesos de cocción rápida, a fin de que se completen las diferentes transformaciones fisicoquímicas a que tiene lugar en la cocción, y a que se eliminen las impurezas presentes. No se aconseja utilizar la cocción rápida en arcillas con presencia de impurezas, sobre todo si se han procesado por vía seca.

El material cerámico puede someterse a una, dos, o más cocciones (de hasta 1250°C, en el caso del gres). Las baldosas no esmaltadas recibirán una sola cocción, en tanto que las baldosas vidriadas podrán recibir una (proceso de monococción), o bien someterse a una primera cocción del soporte, luego se le aplica el esmalte para someterlo a un segundo proceso de cocción (bicocción); y la posibilidad, una vez obtenido el producto acabado, de aplicarle una decoración adicional que se someterá a una tercera cocción a menor temperatura, de aproximadamente 620-780 ° C (tercer fuego). En este último caso, también se ha desarrollado una industria paralela que solo se dedica a la aplicación del tercer fuego luego de adquirir la pieza acabada a la cual se le aplica una nueva decoración⁽¹¹⁾.



Horno para cocción del 3º fuego
Fábrica de *Gambarelli Impianti*.

La industria cerámica está orientada a la máxima reducción de los ciclos, con su consiguiente incremento de productividad, mediante la realización de una única cocción. Para pavimentos se ha aplicado con más facilidad y rapidez esta tecnología, por la menor desgasificación que presenta el soporte de pavimento con respecto al de revestimiento.

Bicocción tradicional:

La monococción ha ido desplazando a la bicocción tradicional en los últimos tiempos, pero la bicocción aún se sigue usando en algunas fábricas. Para realizar la bicocción tradicional, se desarrolla la siguiente secuencia:

- La materia prima del soporte se prepara en molienda por vía seca
- Se conforma la pieza por prensado en semiseco en prensas oleodinámicas
- Se somete a un presecado estático y a un secado dinámico en secaderos tipo túnel
- Se realiza una primera cocción del soporte en horno monoestrato de rodillos
- Tras una selección de soporte, se aplican los vidriados, y opcionalmente, las decoraciones.
- Se realiza la segunda cocción del vidriado en el mismo tipo de horno⁽¹⁾.

Monococción:

A partir de la llegada del gas natural a España en 1980, se comienza a usar el sistema de monococción en horno monoestrato de rodillos, con tecnología que ya se usaba en Italia desde mediados de los '70.

La consecución de operaciones en el procesos de monococción es la siguiente:

- La materia prima del soporte se realiza por molienda por vía húmeda con su posterior atomizado.
- Se conforma la pieza por prensado en semiseco con prensas oleodinámicas
- Se seca el producto en secaderos horizontales o verticales
- Se esmalta y decora la pieza en crudo
- Se realiza una única cocción de soporte y vidriado en una sola fase



Pantallas enfriadoras por aire a la salida del horno.
(Fábrica **Vapahc**, Argentina)

Foto: María Celina Vacca

Este sistema determina así una concatenación de las fases del ciclo productivo, ahorrando energía y mano de obra, gracias a la automatización del proceso, y permite obtener un producto de buena calidad y una productividad mucho mayor que con la bicocción tradicional⁽¹⁾.



Barra de cerámica de alta tecnología, fabricada con cerámica enriquecida con **carburo de silicio** con una altísima resistencia a las altas temperaturas, usada de soporte dentro del horno para la cocción de las piezas de gres extrudido de 1,70 x 0,36 m. Mide 2,20 m y tiene una longitud útil de 1,80m. Su textura es totalmente metálica. (Taller Toni Cumella).

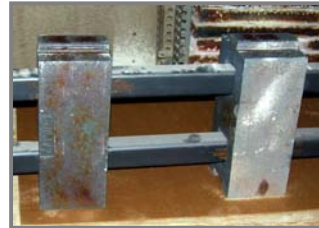


Foto: María Celina Vacca

España se encuentra en la vanguardia mundial de revestimientos por monococción, y la diferencia entre pavimentos y revestimientos radica en que en los pavimentos se trabaja con arcillas mas o menos gresificables, mientras que en los revestimientos alcanza con conseguir un producto con porosidad abierta, similar a la obtenida en productos fabricados por bicocción.

En cuanto a los revestimientos, adquiere relevancia la función decorativa, y sus tratamientos superficiales, y es en esta aplicación donde más se usa el tercer fuego.

*** Principales residuos generados⁽¹¹⁾:**

Durante la cocción, los residuos son piezas crudas rotas o defectuosas esmaltadas antes de la cocción, o ya cocidas, las cuales se engloban en el grupo de residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción, y residuos de cerámica, ladrillo, tejas y materiales de construcción después de la cocción. Son residuos no peligrosos e inertes.

También se generan gases de combustión, que son humos procedentes del proceso de precalentamiento y cocción que se componen principalmente de sustancias procedentes 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.

Además, gracias al reciclaje y reutilización de los residuos cerámicos durante el proceso, se alcanza una media del 80% de los generados, reduciendo el volumen de lo que va los vertederos y ahorrando un millón de toneladas métricas de materias primas al año.

Acciones preventivas:

Emissiones atmosféricas:

Para minimizar los efectos de las partículas, el flúor y el SO₂ que se liberan a la atmósfera, es aconsejable:

- Seleccionar correctamente las materias primas

- Instalar sistemas de depuración
- Controlar las emisiones de contaminantes ácidos.

Residuos:

- Almacenar en contenedores específicos las piezas defectuosas para reincorporarlas a la fase de preparación de pastas
- Almacenar los aceites usados generados en la etapa de cocción

Energía:

- Uso de combustibles gaseosos (gas natural o GLP), para que el contacto de los gases de la combustión sea directo con el producto, para conseguir una mayor eficacia energética, menor emisión de CO₂, y minimizar la emisión de compuestos de azufre.
- Aprovechamiento del calor residual de corrientes gaseosas, como por ejemplo el precalentamiento del aire de combustión, o la reutilización de los gases de enfriamiento en los secaderos.
- Uso de motores y turbinas de cogeneración.
- Medidas de ahorro de energía eléctrica por medio de la instalación de variadores de frecuencia y por medio de la parada automática de los equipos.

Ciclo de vida de la baldosa cerámica:

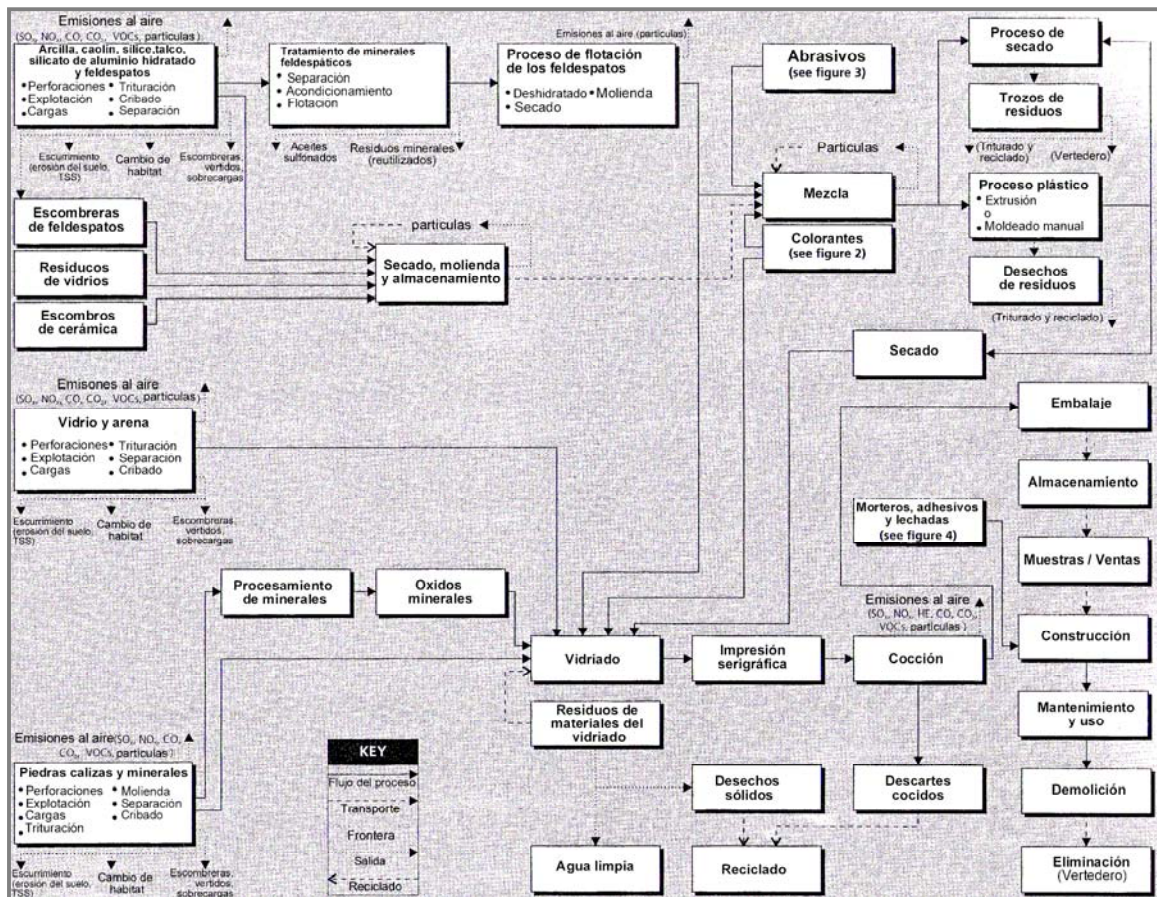
Los materiales crudos que componen la baldosa cerámica provienen de la tierra. Arcilla, sílice, feldspatos y piedras calizas son extraídas de minas y canteras a cielo abierto. El impacto ambiental potencial de las minas a cielo abierto se determina por la alteración y destrucción del hábitat y la erosión. Los desechos sólidos producidos durante las operaciones a cielo abierto incluyen la sobrecarga producida durante la excavación, y las escombreras. El escurrimientos en las lagunas pueden incrementar la turbidez por sólidos suspendidos, que pueden resultar en la reducción de la penetración de la luz en el agua, menor productividad acuática, un incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (BOD), y de la deposición bentónica y desoxigenación. Otros contaminantes se incluyen en las emisiones atmosféricas de la energía usada y de la combustión del fuel, incluyendo componentes volátiles orgánicos (VOCs), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y partículas.

La adquisición y procesamiento de los materiales crudos para producir los abrasivos tienen un efecto de impacto ambiental similar a los mencionados para los materiales crudos y la adquisición de los pigmentos, excepto los metales de severa toxicidad de aparición inesperada.

Durante la cocción de las baldosas cerámicas la combustión de los subproductos pueden liberarse conjuntamente con el fluoruro de hidrógeno (HF). El HF es corrosivo y tóxico, pero su impacto en la salud humana y en el medio ambiente es difícil de evaluar por la carencia de reportes de datos.

En la fabricación de las baldosas cerámicas el potencial de emisión de partículas (polvo) es grande. La industria en su totalidad, sin embargo, está trabajando para minimizar y controlar las emisiones de los niveles de polvo dentro de las plantas. Se emplean variados métodos para controlar la emisión de partículas, con algunos reciclados dentro del proceso de fabricación, que de lo contrario se perderían.

Una vez cocidas, los materiales que las componen se fijan como una matriz vítrea, y la baldosa cerámica es esencialmente inerte, y no contribuye con la polución del aire. De acuerdo con la industria cerámica *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP), los tests demuestran la no toxicidad de los materiales de la baldosas cerámicas y los análisis de materiales tóxicos están lejos de los límites regulados establecidos. Si una baldosa que contiene plomo en su esmaltado se usa en mostradores, sin embargo, despierta cierta preocupación, porque en ciertas circunstancias el plomo puede transferirse a la comida colocada sobre la baldosa. Esta exposición ocurre generalmente en baldosas importadas⁽¹⁴⁾.



Fuente: Environmental Resource Guide, American Institute of Architects ; U.S.A. 1996

1-4-4- Esmaltado:

Por medio del esmaltado se le confiere a la pieza cerámica una serie de propiedades que le son características: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica. Es una fase donde se le confiere a la pieza cerámica una terminación fundamental para determinar la calidad estética del producto. A partir de 1960 se introdujo la serigrafía mecánica en el proceso de decoración del vidriado, dejando de lado los métodos artesanales.

El esmaltado es una aplicación que cubre toda la superficie de la pieza, de unas 75-500 micras de espesor de distintas capas de vidriado de naturaleza esencialmente vítrea, con la posibilidad de incluir elementos cristalinos en su estructura. Puede aplicarse al soporte en crudo (para las baldosas monococción), o bien sobre el bizcocho ya cocido (baldosas bicocción), y también sobre la pieza acabada (tercer fuego) ⁽¹¹⁾.

Las fase de esmaltado lleva anexa la correspondiente preparación de los vidriados, tintas, pantallas serigráficas y otros elementos que se necesiten en el proceso:

Esmaltes:

Al igual que la pasta cerámica, el vidriado está compuesto por materias primas inorgánicas:

- Formador del vidrio: Sílice
- Elementos fundentes: alcalinos, alcalinoterreos, boro, cinc, etc.

- Elementos opacificantes: zirconio, titanio, etc.
- Elementos colorantes: hierro, cromo, cobalto, manganeso, etc.

Los esmaltes para mayólica son los que han perdurado mas tiempo como esmaltes con compuesto de plomo, porque es el agente fundente que mejor disuelve los pigmentos de óxidos metálicos y produce esmaltes que empiezan a fundir a temperaturas mas bien bajas. Posteriormente se logró disminuir la proporción de óxido de plomo reemplazándolo por óxido de bario⁽⁴⁾.

Existe una amplia variedad de esmaltes, que se catalogan de acuerdo al tipo de producto, la temperatura de cocción o los efectos y propiedades que se quieren conseguir en el producto acabado. Para el vidriado de otros productos cerámicos (sanitarios, porcelana artística, etc), se utilizan materias primas cristalinas naturales o de síntesis para aportar los óxidos necesarios. Pero en el esmaltado de baldosas cerámicas, se usan materias primas de naturaleza vítrea (**fritas**), preparadas a partir de los mismos materiales cristalinos sometidos previamente a un tratamiento térmico de alta temperatura.

Los esmaltes se preparan sometiendo la frita y aditivos a una fase de molienda, en molinos de bolas de alúmina, hasta obtener un rechazo prefijado. Luego se ajustan las condiciones de la suspensión acuosa controlando la granulometría y la reología que será determinada por el método de aplicación que se vaya a utilizar⁽¹⁵⁾.

Fritas:

Las fritas son compuestos vítreos, insolubles en agua que se obtienen por fusión a temperatura elevada (1500° C) y posterior enfriamiento. Los esmaltes usados en baldosas cerámicas pueden ser de una sola frita, o de la mezcla de diferentes de fritas, dependiendo de la proporción de fritas que tengan en su composición.

Hay una gran variedad de fritas, que se diferencian por sus características físicas y su composición química. Los componentes solubles o tóxicos (plomo, boro, alcalinos, etc.), se aportan siempre en forma de fritada para reducir su solubilidad. Los otros componentes pueden usarse en forma de fritada o como materia prima cristalina.

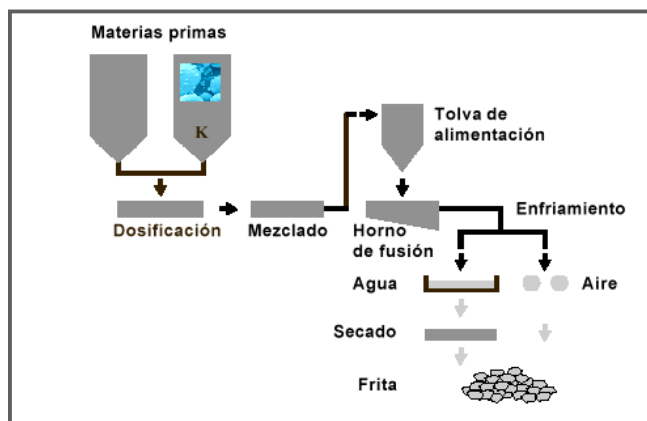
A grandes rasgos, una clasificación de fritas podría ser la siguiente, aunque en la industria cerámica se han incorporado numerosas variedades que hacen difícil una clasificación certera:

- por su composición química: plúmbicas, borácicas, etc.
- por sus características físicas: opacas, transparentes, etc.
- por su intervalo de fusión: fundentes, duras, etc⁽¹¹⁾.

Para obtener un material vítreo insoluble en agua, mediante fusión y posterior enfriamiento de mezclas de diferentes materiales, se siguen los siguientes pasos:



El proceso de fritado comienza con una tratamiento de las materias primas, que luego de ser seleccionadas, controladas y dosificadas, son trasladadas por transporte neumático a una mezcladora.



Proceso de fritado
Fuente: ASCER

Posteriormente, esta mezcla de materias primas pasa a una tolva de alimentación para dar paso a la entrada al horno donde se desarrolla el proceso de fritado propiamente dicho. La velocidad de entrada del flujo másico de material introducido en el horno se controla por medio de un tornillo sin fin que se encuentra en dicha entrada. El material permanece en el horno una cantidad de tiempo que dependerá de la velocidad de fusión de las materias primas y de la fluidez del material fundido.

Para llevar a cabo este tipo de proceso, se usan hornos que están provistos de quemadores alimentados a gas natural, que permiten alcanzar unas temperaturas de 1400-1600° C. Los **hornos** pueden ser:

- **Continuos:** con enfriamiento del fundido con agua o aire. Estos hornos tienen su base inclinada para facilitar el descenso de la masa fundida. Para evitar un enfriamiento brusco del líquido en que queda convertida la frita, y para facilitar el continuo vaciado del horno, hay un rebosadero en la salida del horno junto con un quemador que actúan directamente sobre este líquido.

- **Discontinuos:** hornos rotatorios con enfriamiento por agua. Este horno determina un proceso intermitente, y se usa para fabricar fritas de menor demanda. Consiste en un cilindro de acero revestido interiormente con material refractario que por medio de un movimiento rotatorio, homogeniza la masa fundida. En uno de los extremos del horno se ubica un quemador que dirige la llama hacia el interior del horno.

Los gases generados por la combustión pasan por un intercambiador de calor con el fin de recuperar energía para precalentar el aire de la combustión antes de ser expulsados al exterior a través de una chimenea. Estos gases contienen compuestos gaseosos procedentes de la combustión, gases procedentes de la volatilización de las materias primas y partículas de composición similar a la de la frita que se está produciendo en ese momento.

Luego de la salida del horno a fusión, el material es sometido a un enfriamiento que puede ser:

- **con aire:** La masa fundida pasa a través de dos cilindros enfriados en su interior con aire, que permite obtener un sólido muy frágil, laminado, que se rompe con facilidad en pequeñas escamas.
- **con agua:** Se realiza un enfriamiento inmediato haciendo caer el fluido directamente en agua. Así se provoca un choque térmico que provoca una rotura del vidrio en pequeños fragmentos de formas irregulares, que se extraen del agua por medio de un tornillo sin fin. Posteriormente el material se lleva a un secadero para extraer la humedad que le ha dejado este proceso⁽¹¹⁾.

Ventajas de la utilización de fritas:

- Ampliación del intervalo de temperaturas de trabajo del esmalte
- Disminución de la toxicidad, al disminuirse la tendencia a la formación de polvo ambiental por el tamaño y estructura de material vítreo obtenido.
- Insolubilidad de algunos elementos químicos.

Proceso de esmaltado:

El esmaltado de las piezas cerámicas se realiza de forma continua, y los métodos más usuales de aplicación son: en cortina, por pulverización, en seco, o las decoraciones.

La secuencia del esmaltado se realiza por medio de una cinta transportadora, un sistema totalmente automatizado en la cual cada pieza va recibiendo el tratamiento. Los pasos que se concatenan en este trayecto se detallan a continuación:

- 1- grupo alimentado del bizcocho
- 2- rompedor de bizcocho con fisuras
- 3- pulidoras de aristas del bizcocho
- 4- grupo girador de 90°
- 5- grupo de cepillado del bizcocho
- 6- ventilador de soplado
- 7- humectadora
- 8- grupo de aplicación a velo: lengua de campana y vibrotamiz
- 9- recipiente de alimentación y bomba de alimentación del esmalte
- 10- cabina de disco doble y vibrotamiz con tolva de alimentación
- 11- cabina de disco simple

- 12- grupo de aplicación a velo: lengua de filiera doble
- 13- pulmón vertical para secar la aplicación anterior
- 14- goteador de tazas o almenas
- 15- aplicación a tubo o disco simple
- 16- grupo de limpieza de cantos esmaltados (desbarbado esmalte)
- 17- pulmón-compensador para regular la alimentación del cabezal de serigrafía
- 18- cabina-aerógrafo con dispositivo móvil para aplicaciones destonificadas
- 19- motorreductores y motovariadores de tracción de la línea
- 20- encasilladora



Línea mecanizada de esmaltado
(Fábrica **Vapahc**, Argentina)

Foto: María Celina Vacca

Serigrafía mecanizada:

Tintas serigráficas: Se trata de emulsiones en polvo con pigmentos cerámicos, se preparan en proceso auxiliar que incluye la molienda a rechazo cero de los componentes, el tamizado y la homogenización de la pasta que previamente ha sido emulsionada con poliglicoles y otros aditivos orgánicos⁽¹⁾.

Es la técnica mayoritariamente usada en decoración de baldosas cerámicas, dada su facilidad de aplicación en las líneas del esmaltado. Puede utilizarse para pavimentos de monococción, bicocción, o tercer fuego. Se trata de una o varias pantallas que llevan un diseño. Estas pantallas son telas tensadas de diferentes tamaños, que llevan sus poros cerrados por un producto impermeable. Solo se deja libre el paso donde está el dibujo que se quiere reproducir y por donde pasarán las tintas serigráficas, que serán empujadas a través de la pantalla por un elemento que ejerce presión (rasqueta), y, al atravesarla, queda la impresión sobre la pieza (Fuente: Visita a fábrica Vapach, Argentina)



Máquina para aplicación de serigrafías - Secaderos por aire caliente de piezas serigrafiadas

(Fábrica Vapahc, Argentina)

Roca Sanitarios ha investigado en la inclusión de materiales en la composición del esmalte para lograr un acabado transparente que repela el agua y que agilice el deslizamiento de esta y su fácil limpieza. El sistema se llama *Maxi-Clean*, y se realiza incluyendo *nanopartículas de polímeros silábicos fluorados químicamente* mediante un proceso de curado a bajas temperaturas⁽¹⁶⁾.

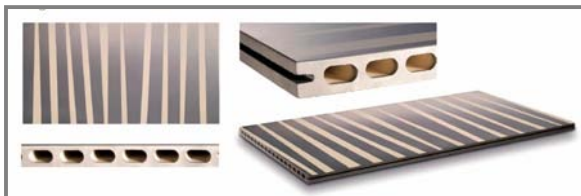


La facilidad de aseo es mayor que la de los esmaltados habituales, porque se evita la adherencia de partículas, suciedad y residuos calcáreos, ya que con este tratamiento se aumenta la tensión superficial del esmalte, aportándole un comportamiento hidrófobo.

Técnicas para el acabado esmaltado de aspecto metalizado:



Algunas fábricas especializadas en la preparación de fritas, como por ejemplo **Vidres S.A.**, van en busca de los acabados metálicos en las piezas cerámicas mediante aditivos metálicos en las fritas para el esmaltado. De este modo ha conseguido imitar a la perfección el acero inoxidable adicionando acero a los materiales que forman las fritas, y en colores cobre, oro y plata sobre las piezas cerámicas, lanzando al mercado una pieza llamada *Kerinox®*⁽¹⁶⁾.

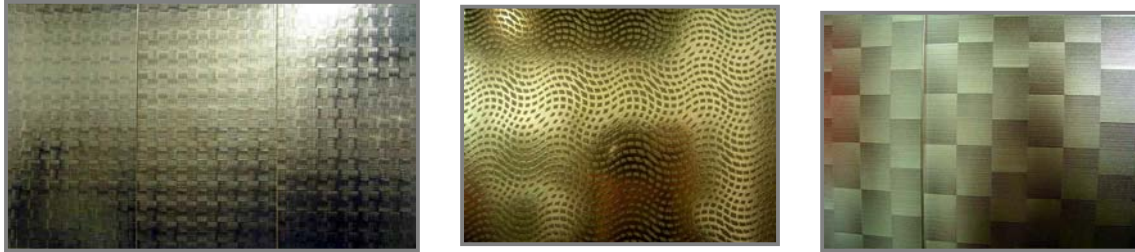


Línea Frontek de GrecoGres “Argenta Customized” de gres porcelánico extrudido para fachadas ventiladas estampadas por el sistema de “acero bombardeado” Fuente: Stand GrecoGres – CEVISAMA 2008

El producto *Nanoglaze®* es una nueva línea de esmaltes fabricados por **Kerafrit®** desarrollado con nanopartículas para aportar propiedades de hidrofobicidad, efecto bactericida y fungicida por reacción química, facilidad para insertar etiquetas magnéticas o luminiscentes y nuevos efectos decorativos (colores y brillos). La obtención de estos esmaltes

nanoestructurales multifuncionales se realiza mediante los procesos cerámicos convencionales, agregando las nanopartículas de metales dispersas y protegidas a los silicatos de las fritas.

El acabado, además de presentarse en relieve, es de aspectos metálicos muy brillantes y son útiles para fachadas por su efecto autolimpiante. *Fuente: Stand Kerafrit - CEVISAMA 2008*



Terminaciones para acabados antideslizantes:

Una de las desventajas del uso de pavimentos esmaltados es que, cuando está mojado, se vuelve altamente resbaladizo y peligroso para el caminante. Por esta razón, se ha buscado la solución a este problema fabricando esmaltes que den al acabado una superficie rugosa que sea antideslizante. **Roca Cerámica® S.A.** ha fabricado un esmalte especial que modifica el comportamiento superficial del producto. Según el método del péndulo, consigue valores de deslizamiento superiores a 45 y supera las pruebas de resistencia al deslizamiento en húmedo correspondientes a la clase 3 del nuevo (CTE). Es apto tanto en húmedo como en espacios con alto riesgo de resbalamiento, sin perder la estética y la nobleza del material. El sistema se llama *ABS* (Adherencia, Belleza y Seguridad).

También ocurre que muchas fábricas recurren a la aplicación de granilla de granulometría gruesa, que tras el proceso de cocción, quedan como montículos duros en la superficie, creando rugosidades a menudo desagradables al tacto. El sistema *Non-Slip®* de **Torreced S.A.** aporta un acabado suave al tacto, sin perder sus propiedades antideslizantes que pueden utilizar en cualquier espacio susceptible de deslizamiento, como superficies inclinadas (especialmente recomendado para el caso de rampas para discapacitados) o en contacto con agua, ya sea en exteriores o en interiores.



Este proceso se logra a partir de la aplicación de un precursor antideslizante a nivel nanoscópico durante el proceso de esmaltado. Este precursor está compuesto de una suspensión en agua de nanopartículas de alta refractariedad que, una vez aplicada sobre el esmalte base y después del proceso de cocción, genera una microrrugosidad en la superficie del pavimento cerámico que aporta la propiedad antideslizante. Este relieve superficial no es sensible al tacto, y el pavimento presenta una textura fina y lisa⁽¹⁶⁾.

VD, Physical Vapor Deposition (Métodos de deposición en fase vapor):

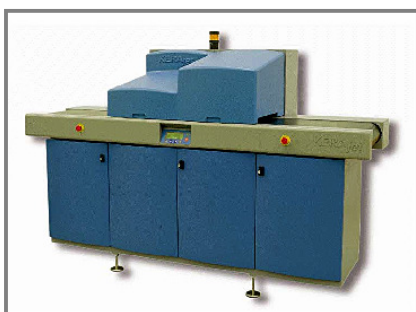
Son técnicas que consisten en depositar sobre la pieza cerámica, delgadísimas capas de pigmentos especiales a altas velocidades (hasta

0.5 μ m/ min), como materiales metálicos (titanio, aluminio, cromo , zirconio, molibdeno, etc) que confieren a la pieza un acabado de apariencia metálica. Este sistema puede aplicarse sobre piezas de gres porcelánico pulido dando como resultado un brillo especular. Entre sus características técnicas se destacan la resistencia a la abrasión, estabilidad térmica, o resistencia a la corrosión. Puede aplicarse en piezas planas, tridimensionales, o de diseño⁽⁵⁾.

Kerajet ®:

Se trata de un proceso de decorado que parte de una base informatizada del diseño a imprimir, y que se aplica mediante inyectores sobre la pieza cerámica sin entrar en contacto con ella y de forma continua sin detener el proceso. Los inyectores aportan la combinación de cuatro colores básicos (magenta, cian, amarillo y negro), y debe calibrarse bien la distancia de éstos a la superficie a decorar, porque mientras más cerca estén de la pieza, más definición tendrá el diseño a imprimir. Así se consigue el decorado de la totalidad de la superficie de la pieza, incluso cuando ésta presente relieves y aristas curvas.

Los diseños a aplicar son creados, modificados, y transferidos de forma informática, posteriormente aplicados a la pieza mediante inyectores a unos 2 mm de distancia de la parte más alta del azulejo, eliminando el contacto directo y un perfecto control en un sistema de circuito cerrado. Así se eliminan los elementos intermedios de impresión, como pantallas, rodillos, fotolitos, etc.; y se produce una recuperación automática de las tintas. La velocidad en la línea de impresión oscila entre los 10-50 m/min. con un consumo estimado de tintas de 3gr/m² (16).



Equipo Kerajet®

Piezas decorada por sistema ink-jet de Kerajet® para Kerafrit®, la segunda en imitación mármol.

Expuestas en el stand Kerafrit® CEVISAMA 2009



Láser:

Este sistema todavía está en fase de desarrollo e investigación y no tiene, de momento, aplicaciones industriales, usándose en el decorado de piezas personalizadas. Para sus futuras aplicaciones, se está investigando producir abrasión en la superficie de las piezas de gres porcelánico

consiguiendo un efecto similar al del chorro de arena, con más resolución y calidad de impresión.

En cuanto a piezas esmaltadas, este sistema ofrecerá, en un futuro, la posibilidad de decorar la pieza sin alterar la superficie del esmalte, ya que el láser se aplicará por debajo de la capa de esmaltado, produciendo efectos cromáticos.

También se está investigando su capacidad de corte, para el caso de querer cortar piezas cerámicas personalizadas⁽⁵⁾.



Piezas decoradas por sistemas de láser⁽⁴⁾.

Por su parte, el grupo **Greco-Gres®** presentó en CEVISAMA 2009, dentro de su línea *Venatto®*, una colección de revestimientos decorados mediante pequeñas incisiones de láser que reproducen los dibujos computarizados sobre las piezas. Con este método, han sacado al mercado una línea de esmaltes decorados, y una línea con acabados metalizados en dorado y plateado.

Todos estos avances alcanzados a través de sistemas de decoración informatizados con inyección de tinta, han permitido personalizar piezas de gran formato con fotografías e imágenes, en ambientes interiores y en fachadas, aportando también, a la decoración urbana con acabados mates y brillantes.



Impresión por láser en decoración de fachada

Relieves adquiridos por láser y plasmados mediante fresado:

Para lograr relieves en piezas acabadas, la industria cerámica dispone de equipos que aportan un sistema que se lleva a cabo con tecnología láser para la adquisición de relieves, lo que permite alcanzar el objetivo sin entrar en contacto con la pieza. Una vez adquirido el relieve deseado de la fuente original, o bien generada mediante ordenador, se plasma sobre la superficie cerámica mediante una fresadora gobernada por control numérico⁽⁴⁾.



Fresadora CNC.

Decoración de piezas porcelánicas:

Para el acabado superficial de las piezas de gres porcelánico, no se realiza el esmaltado, sino que se procede al pulido se la cara terminada, a veces con añadiduras de pigmentos coloreados, y a veces no (sal y pimienta). Los colores pueden darse por la adición de pigmentos y /o gránulos de diferentes tamaños, o por la aplicación mediante serigrafiados que aportan acabados idénticos a mármoles, granitos maderas, etc.

(Fuente: Visita a fábrica TAU Cerámica)



Pulidora Sacmi

También puede aplicarse esta técnica a las piezas de gres de baja porosidad fabricadas por extrusión y coloreadas en masa donde la terminación por pulido no producirá el desgaste de color por desgaste de rozamiento de la cara vista de la pieza. (Fuente: Stand GrecoGres /Linea Venatto – CEVISAMA 2008)



Rosetón "Olimpo" de Venatto, (gres porcelánico extrudido) 120 x 120 cm.
(Catálogo Venatto en CD-Rom)

Otra forma de decorar las piezas de gres porcelánico es por medio del **chorro de arena**. Esta técnica se utilizó originariamente para lograr bajorrelieves en bloques de piedra y en cenefas de mármoles. El gres porcelánico que ha sido coloreado en masa presenta una gran similitud con las piedras naturales, por lo que esta técnica es perfectamente útil y aplicable. Para lograr este tipo de "tallado", se somete a la pieza a un chorro de arena a gran presión y alta velocidad, aplicación que se lleva a cabo de forma manual,

cubriendo las zonas que no se quieren erosionar con colas, resinas poliuretánicas, películas vinílicas adhesivas, o planchas metálicas similares a las usadas en el sistema de trepas.

Este sistema puede usarse en distintos tipos de soporte, evitando el uso de punzones de prensa, y aporta la posibilidad de crear dibujos, guardas e incluso inscripciones en braille para revestimientos en zonas de uso de personas ciegas⁽⁵⁾.

*** Principales residuos generados⁽¹²⁾.**

Durante le procesos de preparación y aplicación de esmaltes, se producen los siguientes residuos:

No peligrosos:

- Envases que han contenido materias primas de carácter no peligroso destinados a eliminación: envases de papel y cartón, plástico, madera, metálicos, compuestos, mixtos, de vidrio
- Restos de esmaltes, tintas de serigrafía, fritas colores, aditivos, no peligrosos: lodos u suspensiones acuosas que contiene materiales cerámicos, lodos y suspensiones acuosos que contienen tinta
- Piezas crudas rotas o defectuosas esmaltadas: residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción
- Telas o pantallas serigráficas no contaminadas con materiales peligrosos: absorbentes, material de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras
- Marcos metálicos: metales mezclados

Peligrosos:

- Envases que han contenido materias primas peligrosas (esmaltes, pigmentos, fritas, fijadores) destinados a eliminación
- Restos de esmaltes, fritas, tintas de serigrafía, colores, aditivos peligrosos: residuos y lodo de tintas y residuos inorgánicos que contienen sustancias peligrosas, residuos de vidriado que contengan metales pesados
- Telas o pantallas serigráficas contaminadas con materiales peligrosos: absorbentes, material de filtración (incluidos los filtros de aceite), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas con materiales peligrosos.

Acciones preventivas:

Emisiones atmosféricas:

- Preparación de esmaltes: durante este proceso se liberan partículas sólidas al aire, para lo cual se recomienda la instalación de sistemas de aspiración
- Aplicación de esmaltes: las partículas que se generan en este proceso se pueden prevenir mediante la instalación de sistemas de aspiración y de cabinas cerradas

Efluentes líquidos:

En cuanto a las prevenciones relacionadas con el agua residual, el objetivo es minimizar la cantidad de agua utilizada en el proceso. Las medidas preventivas aconsejadas son las siguientes:

- Preparación de esmaltes:
 - Optimizar el consumo de agua en las operaciones de limpieza

- Concienciar al personal acerca de la minimización del consumo de agua en el proceso de lavado, para generar la menos cantidad de aguas residuales a tratar.
 - Minimizar el número de operaciones de limpieza, programando la preparación de esmaltes.
 - Instalar una red de agua depurada para reutilizarla en la limpieza de las instalaciones.
- Aplicación de esmaltes:
- Optimizar la limpieza de las líneas de esmaltado mediante la utilización de válvulas de cierre automático
 - Evitar limpiezas innecesarias en líneas de esmaltado programando los cambios de modelos de producción
 - Instalar una red de agua depurada para reutilizarla en la limpieza de las instalaciones.

Residuos:

-Preparación de esmaltes:

- controlar las partidas de esmaltes defectuosos e intentar recuperarlas en productos de calidad menos exigentes.

-Aplicación de esmaltes:

- Almacenar en contenedores las piezas defectuosas para facilitar su recuperación en la etapa de preparación de pastas
- Controlar los cocidos usados que han contenido esmaltes

Ruidos:

Insonorizar y controlar la emisión de ruidos al exterior de los sistemas de aspiración (filtros vía húmeda, filtros Venturis, filtros de mangas, etc.).

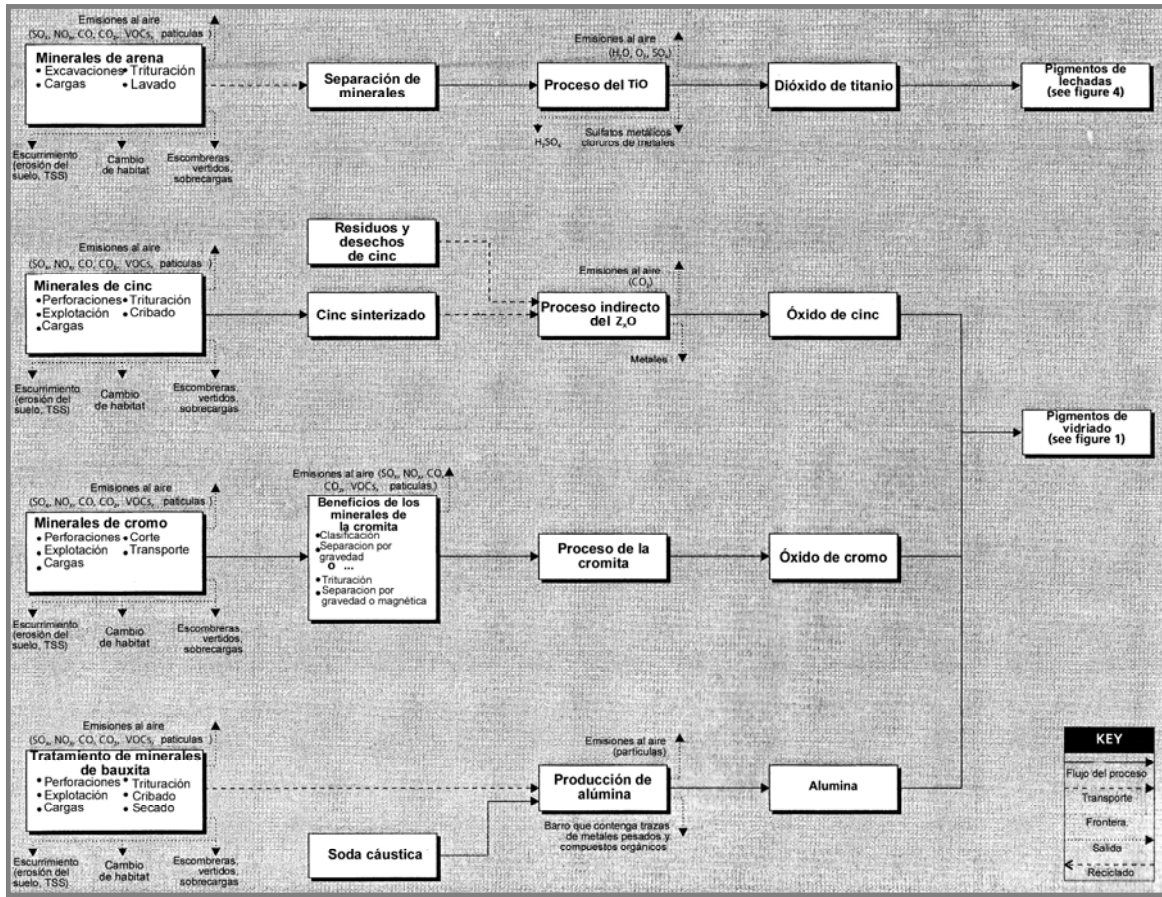


Silenciadores en chimeneas de hornos

Ciclo de vida de los colorantes⁽¹⁴⁾:

La adquisición y el procesado de los pigmentos usados en el esmaltado de las baldosas cerámicas producen un impacto similar al descrito para los materiales crudos de la fabricación de la baldosa cerámica. Esto incluye la erosión del suelo, la alteración y destrucción del habitat, flujo de escurrimiento y sus consecuencias, emisiones de la combustión de fuel, emisión de partículas, y otros. Los metales y los óxidos de metales que se usan en la preparación presentan variados efectos sobre la salud, dependiendo de cada composición en particular. La toxicidad pues partir de una simple irritación a un daño orgánico severo. La fabricación y los tipos de baldosas presentan grandes variaciones en el uso de materiales tóxicos. Algunos tipos de baldosas, ya viene libres de materiales tóxicos.

Durante el proceso de esmaltado, se reciclan el exceso de esmaltes y los componentes sólidos del material de esmaltado⁽¹⁴⁾.



Fuente: *Environmental Resource Guide, American Institute of Architects ; U.S.A. 1996*

Clasificación y embalaje:

Antes de expedir definitivamente el producto cerámico, ha de procederse a una clasificación y un embalaje de las piezas salidas de los hornos. Este proceso actualmente es totalmente mecanizado, y se realiza por una línea de banda continua, donde se selecciona al producto, y luego se apila. Luego se envasa por modelos y clasificación, la cual se especifica en el etiquetado de los paquetes⁽¹⁾.



Línea automática de clasificación de azulejos



Máquina enfardadora *Precincas*.

*** Principales residuos generados⁽¹²⁾:**

No peligroso:

- Residuos de toners y cartuchos de tinta que contengan materiales no peligrosos
- Envases y embalajes que no hayan sido contaminados por sustancias peligrosas: envases de papel, cartón, plástico, madera

Peligroso:

- Residuos de toners y cartuchos de tinta que contengan sustancias peligrosas.

Acciones preventivas:

Residuos:

- Gestionar los restos de cartón, plástico y paletas generados en la etapa de embalaje
- Almacenar las piezas desechadas en contenedores especiales para facilitar su recuperación en la etapa de preparación de pastas.
- Utilizar cartones reciclados para los envases
- Minimizar el uso de materiales no biodegradables en el envasado del producto terminado
- Optimizar la utilización de cartón
- Usar materiales reutilizables

Residuos generados en procesos posteriores:

Mantenimiento, logística y limpieza:

No peligroso:

- Residuos de tejidos contaminados con sustancias no peligrosas: trapos y filtros impregnados en grasas, esponjas de limpieza de las pantallas serigráficas, guantes, absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras
- Envases metálicos que han contenido sustancias no peligrosas
- Restos de metales desechados (chatarra): metales férreos y no férreos
- Residuos de material eléctrico: residuos de equipos eléctricos y electrónicos, equipos eléctricos y electrónicos desechados
- Lodos generados en la depuración de aguas residuales industriales: lodos del tratamiento in situ de efluentes
- Residuos de material refractario: rodillos de alúmina de los hornos, revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos

- Residuos de material abrasivo(muelas usadas) que no han estado en contacto con materiales no peligrosos: muelas y materiales esmerilados usados
- Residuo sólido de los sistemas de aspiración de limpieza de planta: partículas y polvo
- Material de filtración: desechos de mangas, de filtros, absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras
- Restos de gomas: plástico

Peligroso:

- Residuos de tejidos contaminados con sustancias peligrosas: trapos y filtros impregnados en grasas, esponjas de limpieza de las pantallas serigráficas, guantes, absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras
- Envases metálicos que han contenido sustancias peligrosas
- Elementos mercuriales: tubos fluorescentes, pilas botón, y otros residuos que contienen mercurio
- Aceites usados en prensas, secaderos, hornos, taller, etc.: Residuos de aceites hidráulicos, aceites hidráulicos que contienen PCB, emulsiones cloradas y no cloradas, aceites hidráulicos clorados y no clorados, aceites hidráulicos sintéticos, aceites hidráulicos fácilmente biodegradable, otros aceites hidráulicos.
- Baterías usadas: baterías de plomo, acumuladores de Ni-Cd, pilas que contienen mercurio
- Residuos de material eléctrico que contengan sustancias tóxicas
- Residuos de material abrasivo: muelas y materiales esmerilados usados que contienen sustancias peligrosas
- Material de filtración (filtros de aceites): absorbentes, material de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas con sustancias peligrosas.
- Soluciones ácidas y alcalinas, sales y sus soluciones, residuos que contengan metales, halogenados y disolvente

Oficinas y servicios generales:

No peligroso:

- Papel y cartón
- Cartuchos y cintas de impresoras, fotocopidora: residuos de tóner de impresión que no contengan sustancias peligrosas

Peligroso:

- Cartuchos y cintas de impresora, fotocopidora: residuos de tóner de impresión que contengan sustancias peligrosas

Laboratorios:

No peligroso:

- restos de piezas crudas esmaltadas (pruebas de laboratorio): residuos de preparación de mezclas antes del proceso de cocción.
- Papel y cartón
- Restos de esmaltes, colorantes, etc, no peligrosos: Lodos y suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos, lodos

acuosos y residuos líquidos acuosos que contienen tinta, residuos y lodos de tinta, residuos inorgánicos, residuos de vidriado

Inerte:

- Restos de piezas crudas sin esmaltar (pruebas de laboratorio): residuos de preparación de mezclas antes de la cocción
- Restos de piezas cocidas (pruebas de laboratorio): residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales después de la cocción
- Botes vacíos de reactivos no peligrosos: envases de vidrio y de plástico

Peligroso:

- Botes vacíos de reactivos peligrosos: envases que contengan o estén contaminados por sustancias peligrosas
- Restos de esmaltes, colores, etc. de naturaleza peligrosa: residuos y lodos de tintas que contengan sustancias peligrosas, residuos inorgánicos que contengan sustancias peligrosas, residuos de vidriado que contienen metales pesados.

2- Clasificación de los productos cerámicos protagonistas de este período

Los nuevos usos, la diversificación de los productos debido a los avances tecnológicos que permiten alcanzar prestaciones más altas, y la diversificación en la producción, han limitado la terminología que se requiere para definir cada uno de los productos que se encuentran actualmente en mercado.

En la búsqueda por una clasificación que permita el reconocimiento de las piezas de acuerdo a sus características y propiedades, se ha recurrido a encuadrarlos según su acabado, su proceso de fabricación, su uso específico, su aspecto exterior, etc, llevando a confusiones a la hora de elegir el producto adecuado, y produciendo una terminología inexacta e incompleta.

El Comité Europeo de Normalización ha aprobado la normativa de las baldosas cerámicas, determinando una clasificación que las agrupa por su proceso de fabricación y la capacidad de absorción de agua (porosidad abierta), propiedades que determinan sus prestaciones finales. Esta clasificación es, hasta ahora, la más adecuada a fin de determinar cada producto para cada uso.

Definición de baldosa cerámica según las normas EN-UNE y las recientes normas ISO: *Placas de poco grosor, generalmente utilizadas para revestimientos de suelos y paredes, fabricadas a partir de composiciones de arcillas y otras materias primas inorgánicas, que se someten a molienda y/o amasado, se moldean y seguidamente son secadas y cocidas a temperatura suficiente para que adquieran establemente las propiedades requeridas.*

2-1- Clasificación según normativa

La normativa **EN 14411** (Marzo 2007) establece la siguiente clasificación:

Según el moldeo de la baldosa, se determinan dos grandes grupos⁽³⁾:

- **Grupo A:** Baldosas moldeadas por **extrusión**. En su cara posterior presentan un relieve en forma de estrías longitudinales paralelas, más o menos pronunciadas, que conservan la misma sección transversal a lo largo de la dirección de la estría. Generalmente no incluyen la marca de la fábrica.
- **Grupo B:** Baldosas moldeadas por **prensado en seco**. El relieve de su cara posterior se distribuye sin dirección preferente y son puntos o líneas ordenados en forma de cuadrícula, panal u otro diseño. A veces imita el estriado de las baldosas extrudidas. Normalmente incluyen el nombre de la fábrica.
- **Grupo C:** Baldosas moldeadas por **colado**, excluidas en la normativa del 2007.

Según la porosidad abierta de las baldosas, expresada en porcentaje de absorción de agua sobre el peso total de la baldosa, se clasifican en cuatro grupos:

- **Grupo Ia:** Absorción de agua muy baja, menor al 0,5 %
- **Grupo Ib:** Absorción de agua baja entre 0,5 y 3 %
- **Grupo IIa:** Absorción de agua media-baja, de entre un 3 % y un 6 %
- **Grupo IIb:** Absorción de agua media-alta, de entre un 6 % y un 10 %
- **Grupo III:** Absorción de agua alta, por encima del 10 %

Para el reconocimiento rápido de la capacidad de absorción de agua de las baldosas y la determinación de su grupo, se puede realizar una prueba in situ observando la velocidad de

CUARTO BLOQUE

succión. Para ello se deposita una gota de agua en la cara no esmaltada y limpia a una temperatura ambiente de entre 15° y 25° C, se esperan 20 segundos y se observa el resultado.

- Baldosa porosa del grupo III: el soporte succiona el agua en menos de 20 segundos
- Baldosa ligeramente porosa del grupo IIb: no succiona totalmente el agua en 20 segundos, y queda una mancha de humedad después de secar la gota con un trapo
- Baldosa no porosa del grupo IIa o I: No succiona el agua en 20 segundos y no queda mancha de humedad después de secarla con un trapo.

Grupos normalizados de baldosa cerámicas:

	Grupo I $E \leq 3\%$	Grupo IIa $3\% < E \leq 6\%$	Grupo IIb $6\% < E \leq 10\%$	Grupo III $E > 10\%$
A Baldosas moldeadas por extrusión	Grupo AIa Absorción de agua muy baja $E \leq 0,5\%$	Grupo AIIa-1^(*) Absorción de agua media-baja	Grupo AIIB-1^(*) Absorción de agua media-alta	Grupo AIII Absorción de agua alta
	Grupo AIb Absorción de agua baja $0,5 < E \leq 0,3\%$	Grupo AIIa-2^(*) Absorción de agua media-baja	Grupo AIIB-2^(*) Absorción de agua media-alta	
B Baldosas moldeadas por prensado en seco	Grupo BIa Absorción de agua muy baja $E \leq 0,5\%$	Grupo BIIa Absorción de agua media-baja	Grupo BIIB Absorción de agua media-alta	Grupo BIII^(**) Absorción de agua alta
	Grupo BIb Absorción de agua baja $0,5 < E \leq 0,3\%$			

^(*)Los grupos AIIa y AIIB se dividen en dos subgrupos atendiendo a diferentes especificaciones de producción (apartados de dimensiones y calidad superficial, y propiedades físicas). En los correspondientes anexos figuran como parte 1ª y parte 2ª respectivamente.

^(**)Este grupo cubre solamente baldosas esmaltadas.

Fuente:

Web I.P.C.

Según la normativa, a cada grupo le corresponde un uso, de acuerdo a su porosidad abierta y a sus características físicas.

Grupo AI : Revestimiento de paredes y suelos en el interior y en el exterior de edificios en todas las condiciones climáticas

Grupo AIIa : Revestimiento de suelos y paredes en el interior y exterior.

Grupo AIIB : Revestimiento de suelos y paredes en el interior y exterior.

Grupo AIII : Revestimiento de suelos y paredes en el interior y exterior, en zonas donde no haya riesgo de helada.

Grupo BIa y BIb : Revestimiento de suelos y paredes en el interior y exterior.

Grupo BIIa: Revestimiento de suelos y paredes en el interior y exterior.

Grupo BIIB: Revestimiento de suelos y paredes en el interior y exterior.

Grupo BIII: Revestimiento de suelos y paredes en el interior y exterior, en zonas no sometidas a cargas mecánicas elevadas, y en zonas exentas de riesgo de helada.

La Norma Europea determina también una serie de normas, basadas en diferentes métodos de ensayo, por los cuales se verifican las características físicas de las piezas cerámicas.

EN 98: Determinación de las características dimensionales y el aspecto superficial

EN 99: Determinación de la absorción de agua

EN 100: Determinación de la resistencia a la flexión

EN 101: Determinación de la dureza al rayado de la superficie (según Mohs)

EN 102: Determinación de la resistencia a la abrasión profunda (baldosas no esmaltadas)

EN 103: Determinación de la dilatación térmica lineal

EN 104: Determinación de la resistencia al choque térmico

EN 105: Determinación de la resistencia al carteo (baldosas esmaltadas)

EN 106: Determinación de la resistencia química (baldosas no esmaltadas)

EN 122: Determinación de la resistencia química (baldosas esmaltadas)

EN 154: Determinación de la resistencia a la abrasión (baldosas esmaltadas)

EN 155: Determinación de la expansión por humedad (usando agua hirviendo) (baldosas no esmaltadas)

EN 202: Determinación de la resistencia a la helada

En cuanto al uso de los revestimientos, haremos una clasificación de las baldosas que se encuentran en mercado basándonos en su acabado superficial, el color de su pasta, y determinando sus propiedades físicas dadas por el grado de absorción de agua. Esta clasificación quedará englobada en el siguiente cuadro.

Superficie de la cara vista	Color del soporte	Abs. de agua (%)	Denominación	Peso (Kg/m ²)	Espesor (mm)	Clasificación EN	Uso preferente
No vidriada	Rojo	15-20	Baldosín rojo mate	8-10	6-8	BIII	Cubiertas y ambientes rústicos
	Ocre rojizo	3-15	Toba rústica	20-35	20-35	BIIa, BIIb, AIII	Pavimentos interiores y exteriores de ambientes rústicos. Restauraciones
	Marrón rojizo – marrón oscuro	4-10	Semigres	18-20	8-10	BIIa, BIIb, AIII	Pavimentos interiores y exteriores de ambientes rústicos. Restauraciones
	Ocre Marrón rojizo Marrón oscuro	1-4	Pavimento gresificado, gres rústico	18-20	8-10	BI, BIIa	Pavimentos de interiores y exteriores
	Diversos colores	0-7	Klinker	20-25	25-30	AI, AIIa, AIIb, BI	Pavimentos industriales y rústicos, revestimientos exteriores
	amplia gama de colores	0-1	Gres porcelánico	18-22	8-10	BI	Pavimentos exteriores o interiores de elevadas prestaciones (pulido o sin pulir)
Vidriada	Ocre amarillento – rojizo	10-20	Azulejo de mayólica	10-12	5-7	BIII	Revestimientos en interiores
	Ocre amarillento – rojizo	4-15	Pavimento de bicocción	14-16	9-11	BIIa, BIIb, BIII, AIIa, AIIb	Pavimentos en interiores
	Blanco – blanco grisáceo	15-22	Loza blanda, azulejo de pasta blanca	10-12	5-7	BIII	Revestimientos en interiores
	Blanco – blanco grisáceo	5-12	Loza dura, baldosa de pasta blanca	18-20	7-15	BIIa, BIIb, BIII	Producción típicamente inglesa (1)
	Diversos colores	1-6	Pavimento de gres	18-23	8-10	BI, BIIa	Pavimentos en interiores y exteriores
	Diversos colores y tonalidades	0-7	Klinker vidriado	20-25	25-30	AI, AIIa, AIIb, BI	Revestimientos exteriores

(1) Piezas de loza dura fabricados entre 1850 y 1920 en Reino Unido. En España Pickman las fabricó entre 1870 y 1920

Fuente: "Manual-guía técnica de los revestimientos y pavimentos cerámicos" José L. Porcar – Instituto de Promoción Cerámica, Diputación de Castellón, 1986

Clasificación según su utilización:

Función de uso		Tipo de producto	Denominación	Prestaciones especiales exigibles s/normativa. Resitencias.				
				Res. mecánica	Res. a la helada	Res. Al ataque químico	Res. al deslizamiento	Conductividad eléctrica
Vivienda	Rev. verticales interiores	Vidriados de soporte mas o menos porosos	Azulejo de mayólica, loza blanda	☐	-	-	-	-
	Pavimentos interiores: Baños Cocinas Accesos Otros	Vidriados de soporte poroso o gresificado. No vidriado de soporte gresificado no poroso	Pav. de bicocción, pavimento de gres	☐ ■ ■ ■	-	☐ ■ ■ ■	☐ ☐ ☐ ☐	-
	Ambiente rústicos	No vidriados, gresificados	Gres rústico, pav. de gres sin esmaltar, gres porcelánico	☐	-	☐	☐	-
Revestimientos verticales exteriores	En climas cálidos	Vidriados de soporte poroso. No vidriados de soporte no poroso	Azulejo de mayólica, loza blanda, gres rústico, klinker	☐	-	☐	-	-
	En climas fríos	Vidriados y no vidriados de soporte no poroso	Baldosas de gres, klinker, gres porcelánico	☐	■	☐	-	-
Pavimentos exteriores	De tránsito medio	Vidriados y no vidriados de soporte no poroso	Pav. de gres, klinker, gres porcelánico	■	■	■	■	-
	De gran tránsito	Vidriados y no vidriados de soporte no poroso	Pav. de gres, klinker, gres porcelánico	■	■	■	■	-
Revestimientos industriales	En general	Vidriados y no vidriados de soporte no poroso	Pav. y rev. vert. de gres, klinker y gres porcelánico	■	-	■	■	☐
	Química y laboratorios	Vidriados de soporte no poroso	Pav. y rev. vert. de gres, klinker vidriado, gres porcelánico, mosaico de porcelana	■	-	■	■	☐
Áreas comerciales y de servicio	Revestimientos verticales	Vidriados de soporte poroso y no poroso	Azulejos de loza o mayólica, baldosas de gres	■	-	■	-	☐
	Pavimentos	Vidriados y no vidriados de soporte no poroso	Pav. de gres, klinker, gres porcelánico, mosaico de porcelana	■	-	■	■	☐
Revestimientos de hospitales		Vidriados con soporte poroso y no poroso en rev. vert. Vidriado con soporte no poroso en pav.	Azulejos de loza y mayólica, baldosas gresificadas y semigresificadas, pav. De gres	■	-	■	■	■

☐	Prestaciones medias
■	Prestaciones medio-altas
■	Máximas prestaciones dentro de la norma

*Fuente: "Manual-guía técnica de los revestimientos y pavimentos cerámicos"
José L. Porcar – Instituto de Promoción Cerámica, Diputación de Castellón, 1986*

A continuación se hará una clasificación de las piezas cerámicas que más comúnmente se encuentran en mercado en España, y que son las más conocidas. Se describirán sus propiedades y sus características a fin de conocerlas más a fondo. Para simplificar la clasificación, se han dividido dos grandes grupos, los revestimientos verticales, o simplemente revestimientos, para paramentos; y los revestimientos horizontales, o pavimentos, para elementos horizontales.

2-2- Revestimientos verticales

Para el revestimiento de paredes, se utilizarán productos cerámicos que cumplan ciertos requerimientos en el tratamiento superficial y en sus características físicas, principalmente en su resistencia mecánica, dureza, resistencia a la abrasión, flexión y compresión. Dadas estas características deben ser utilizados solamente para paredes y no pueden ser usados de otra manera.

Para revestir paredes, las exigencias están centradas en la estabilidad dimensional, obtenida mediante el uso de una pasta que presente baja contracción durante el proceso de cocción, lo que determinará una porosidad mayor que facilitará la colocación final. Para esto, es necesario que la pieza cocida presente una elevada proporción de fases cristalinas, con una mínima presencia de fases amorfas, para evitar que se produzcan curvaturas en la pieza o cuarteos en la capa vidriada, producto de la hidratación de las fases amorfas y vítreas presentes, al tratarse de un material poroso susceptible a la humedad.

La estabilidad dimensional, la porosidad y la formación de fases cristalinas, se consiguen introduciendo carbonatos cálcicos o magnésicos en la composición. Se consideran piezas adecuadas para revestimientos de paramentos las que están constituidas por arcillas con una proporción mayor al 5 % de carbonato cálcico.

Actualmente, se encuentra en mercado una gran gama de productos, de los cuales algunos, gracias al avance tecnológico, pueden usarse indistintamente en revestimientos verticales y en pavimentos en función de la cara vista (gres); por lo cual, en el primer apartado se los describirá en función de su utilización en paramentos, y en el siguiente en su utilización en pavimentos.

Azulejos de pasta blanca:

La loza de pasta blanca⁽¹⁾:

El tipo de loza blanda más el añadido de feldespatos en su composición dejó de fabricarse tras la aparición de los diferentes tipos de gres, y actualmente se produce un azulejo de pasta blanca intermedio entre la loza blanda y la dura, con las siguientes mejoras:

- Al cambiar la composición de la pasta, optimizar los procesos de prensado y cocción, se ha reducido la porosidad abierta,
- Al reducir la porosidad, se mejoran también las propiedades físicas
- Al mejorar su compactación, se ha podido reducir el espesor de la pieza
- El formato clásico de 15 x 15 cm se ha ampliado a 10 x 10, 15 x 22,5, 15 x 30, 20 x 20, etc
- La parte de producción que se realiza por monococción, ha logrado producir un producto de pasta blanca con una porosidad abierta de 10/15 %, lo que ha mejorado sus características físicas, y el producto final se denomina “revestimiento de monococción” o “azulejo de pasta blanca”.



Azulejos de pasta blanca

Fuente: “Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas”
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

En cuanto al vidriado, a la vista de las eflorescencias que se producían a pie de obra, se ha recurrido a la aplicación de un vidriado opaco, aplicando un engobe altamente vitrificable, o bien, aplicando vidriados opacos similares a los de la mayólica.

Mayólica⁽¹⁾:

El formato clásico de 15 x 15 cm se ha ampliado en las últimas décadas, produciéndose los mismo formatos que en el caso de la loza blanca. Los espesores han podido reducirse también hasta a 5 mm en azulejos de 15 x 15 cm, gracias a la optimización de la compactación, lo que también reduce el peso por metro cuadrado.

España aplica en su fabricación tecnología de punta y está a la vanguardia de la producción mundial en este tipo de azulejería, posibilitado por un equipamiento suficiente de hornos túnel para la cocción del soporte y de hornos monoestrato para la segunda cocción rápida, y también para la bicocción rápida, o la monococción.

En las últimas décadas, se ha corrido el rumor de que este material es inadecuado para el revestimiento de exteriores debido a su soporte poroso, aunque la historia nos demuestre que ha sido usado en fachadas y mobiliario urbano en zonas de clima templado y cálido donde no hay riesgo de helada. Este rumor es absolutamente infundado, puesto que:

- La porosidad abierta de la mayólica es superior al 10 %, pero su cara vidriada es totalmente impermeable, por lo tanto la expansión por la humedad debe ser inferior al 0,6 mm por metro lineal, manteniéndose dentro de la norma europea **EN 155** que exige que el aumento de volumen por humedad para revestimientos porosos no vidriados sea inferior a 0,6 mm/m en porosidades inferiores al 10 %.
- El vidriado de la cara vista es totalmente impermeable a agua y suciedad ambiental.
- La porosidad abierta de su soporte favorece la adherencia trabajando como una interfase entre el mortero y la pieza.
- Es adecuado para climas no sometidos a heladas y no debe causar patologías si la colocación es la correcta.

Klinker⁽¹⁾:

Se trata de baldosas extrudidas, que en la sección pavimentos se encuentra catalogada como material semi gresificado, por su baja porosidad y su alta resistencia mecánica y química (grupo **AI**). Se fabrica a altas temperaturas (hasta 1400° C) y con una cocción lenta (entre 26/34 horas) llegando a su vitrificación y se moldea por extrusión, a veces en forma de pieza hueca. Por su bajísima porosidad es una pieza apta para su uso en fachadas ventiladas, por lo que muchas fábricas las fabrican con ranuras en sus cantos para una correcta sujeción mecánica. El nombre "**klinker**" deriva del holandés "*klinkaerd*" y "*klinken*" (resonar). Se usa en paramentos y en pavimentos.



Piezas de Klinker en el formato habitual de 12 x 24 cm y 10/14 mm de espesor

Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

Gres⁽¹⁾:

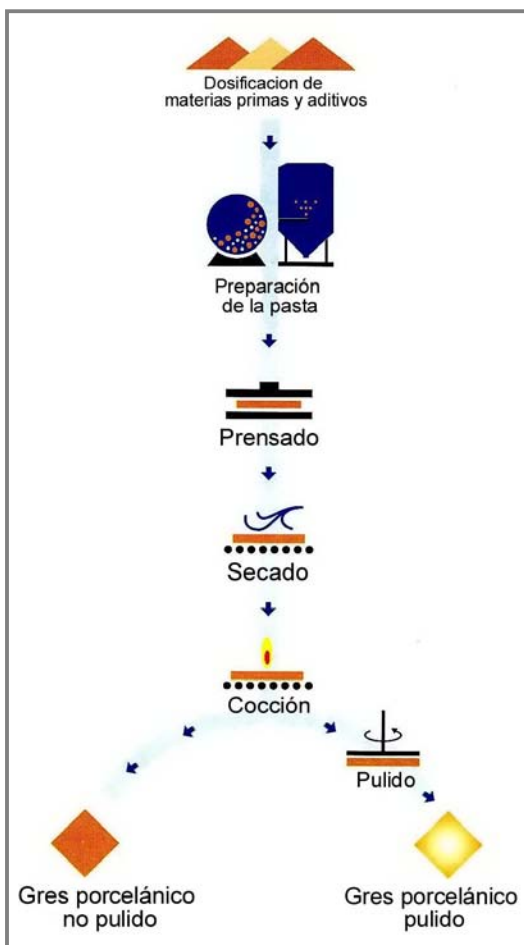
Estas piezas, ya explicadas en el capítulo anterior, se siguen fabricando en este período con la inclusión de las mejoras en la composición de las pastas y en la fabricación. Dada la aparición de las normativas que rigen la clasificación de productos de acuerdo a su porosidad y absorción de agua, en esta etapa se clasificarán los diferentes tipos de gres en tres grandes grupos:

Baldosas gresificadas con absorción de agua de entre 3 % y 6 % y una temperatura de cocción de entre 1.150 °C y 1.300 °C. Pertenecen al grupo **AIIa** y **BIIa**. En este grupo entra el *gres rústico*, de absorción de agua del 1,5 al 6 %, fabricadas por extrusión del grupo **AIIa** y **AI**, que pueden ser utilizadas también en pavimentos.

Baldosas gresificadas con absorción de agua superior al 0,5 % e inferior o igual al 3 %. Pertenecen al grupo **AI** o **BI**

Gres porcelánico: incluye mosaicos, baldosas y pavimentos. La absorción de agua es igual o inferior al 0,5 % y la temperatura de cocción supera los 1.250 °C. Están incluidas en el grupo **BI** de las normas **EN**.

En su constitución encontramos un 40 % de arcillas, un 40 % de feldspatos, un 10 % de caolín y un 10 % de cuarzo (datos cedidos por TAU Cerámica). Es la pieza estrella de las últimas innovaciones.

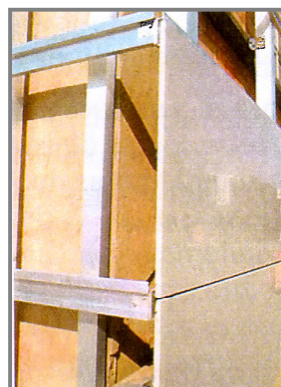


Piezas de gres porcelánico (Hipercerámico – Argentina)

Esquema del proceso de fabricación del gres porcelánico

Fuente: "Materias para la Fabricación de Soportes de Baldosas Cerámicas" – A.Barba, C. Feliu, J. García, F. Ginés, E. Sánchez, V. Sanz, V. Beltrán - Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1997

Actualmente existen numerosos fabricantes que utilizan el gres porcelánico en la construcción de fachadas ventiladas, dado que presenta una elevada resistencia mecánica y casi ausencia de porosidad abierta, que posibilita su colocación a través de fijaciones mecánicas.



Detalle constructivo (TAU Cerámica)

Las características técnicas del gres porcelánico, con respecto a otros materiales en la utilización en fachadas ventiladas, se reflejan en la siguiente tabla, aportada por TAU[®] Cerámica:

Característica	Gres Porcelánico	Mármol	Caliza	Granito	Madera	Plástico	Aluminio lacado	Hormigón
Características dimensionales	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Resistencia a la flexión	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto
Resistencia a la helada	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Permeabilidad	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo
Relación masa/superficie	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Bajo
Expansión por humedad	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	-	Medio
Dilatación térmica lineal	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Resistencia a las manchas	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Bajo
Corrosión niebla salina	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Atmósfera de SO ₂	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo
Envejecimiento radiación solar	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	-

Fuente: TAU Cerámica

En el caso del gres porcelánico en fachadas ventiladas, su apariencia superficial resulta del tratamiento del mismo soporte, sin el agregado de vidriados ni esmaltes. La superficie de la pieza puede ser pulida como si se tratara de una piedra, o bien coloreada a partir de la adición de óxidos colorantes y pigmentos en la pasta.

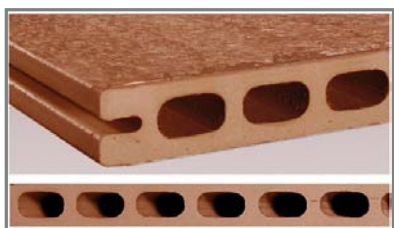
También cabe resaltar que es un producto que se adecua a una utilización en ambientes industriales y de laboratorios por su alta resistencia al ataque químico y a las manchas.

Gracias al avance tecnológico, se ha podido aumentar el tamaño de las piezas, llegando a piezas de gran formato, como en el caso de **TAU Cerámica**, que produce piezas de 100 x 120 cm y 5 mm de espesor para la aplicación en fachadas ventiladas.



Hotel Luz Castellón.
Fachada ventilada con piezas de gres porcelánico

El **grupo Greco Gres** ofrece, en cambio, una pieza de gres porcelánico extrudido en masa "*frontek*", con una porosidad menor al 0,1%, la cual se logra gracias a las altas temperaturas alcanzadas durante su cocción que oscilan en los 1286°C. (AI).

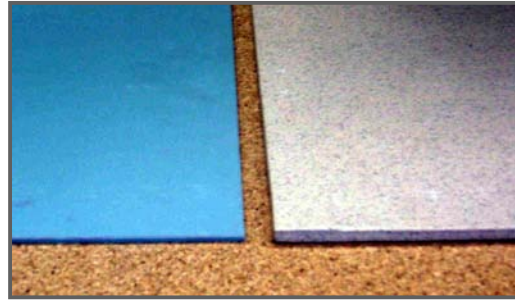


Piezas de gres porcelánico Frontek de 49.6 x 100 cm. para fachadas ventiladas.

Sistema de anclaje de las piezas fabricadas por el grupo GrecoGres (Sistema GrecoGres FVI Plus)



La fábrica italiana **LAMINAM®**, ha lanzado al mercado una pieza revolucionaria, que consiste en un paño de 3 m de largo, por 1 m de ancho y 3 mm de espesor y tiene un peso de 7,1 kg/m². Es una pieza de gres porcelánico que se presenta en varios colores y texturas, que pueden cortarse, perforarse, incluso curvarse levemente para cubrir superficies curvas.



Espesor de LAMINAM (3mm) comparado con un porcelánico convencional de 5 mm

Piezas de 1 x 3 m expuestas en el stand de PROALSO en CEVISAMA 2005

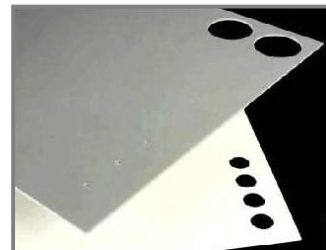
Esta pieza se ofrece para todo tipo de recubrimiento, paredes, tabiques, suelos, falsos techos, e incluso para revestimiento de mobiliario, como mesadas o mesas.

También puede participar en multilaminados sándwich, combinándose con otros materiales como madera, o aislantes tales como el polipropileno.



Multilaminado sándwich: LAMINAM + madera

Es más duro que el granito y presenta un peso específico de 6 kg/m². Se fabrica con una prensa que va atornillada al suelo, de 15000 t. y se utiliza el horno eléctrico a 1200° C como para todos los porcelánicos.



Puede cortarse y perforarse fácilmente con un cortavidrios tradicional (Pieza de la fábrica **Kerlite**)

Su colocación admite la adherencia directa o la sujeción mecánica. En el primer caso solo se exige la planeidad casi perfecta del soporte y la utilización de morteros autonivelantes en base a resinas.



LAMINAM



Kerlite

Cuando se coloca por adherencia directa, la pieza LAMINAM se presenta con un refuerzo de una malla en su reverso, a fin de facilitar la adherencia de una pieza de un material de porosidad casi nula.

En el caso de fachadas ventiladas ha de usarse en doble capa, adhiriendo dos piezas para dar rigidez a la superficie, ya que, como todo los cerámicos se trata de un material frágil muy susceptible al impacto potenciada esta falencia por el espesor mínimo, de 3 mm, que presenta.



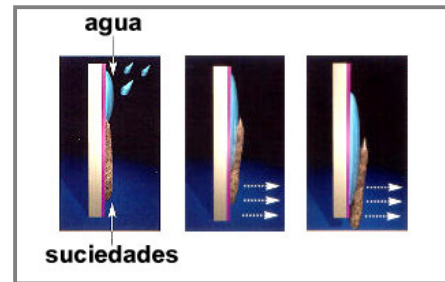
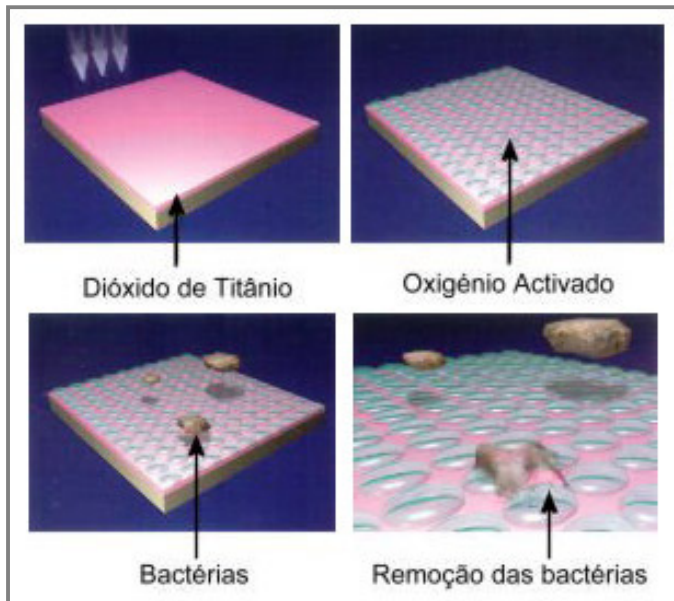
Ejemplo de piezas dobles encoladas para su utilización en fachadas ventiladas.

En España, desde 2009 lo ha lanzado al mercado la fábrica de revestimientos de piedra Levantina bajo el nombre comercial de **Techlam®**.

El uso de revestimientos cerámicos en fachadas ha generado diferentes problemáticas a las cuales ha de darse soluciones, así como también se ha vuelto imprescindible investigar acerca del mejoramiento de la composición de las pastas cerámica para darle mayores prestaciones.

La fábrica **Agrob Buchtal – Ostara**, representada en España por **Ferrogres**, ha lanzado al mercado una pieza autolimpiante que se ofrece para ser utilizada en sectores expuestos al desarrollo de hongos y bacterias, tales como cocinas, instalaciones sanitarias, quirófanos, piscinas y revestimientos de fachadas donde la accesibilidad para la limpieza se ve dificultada por la altura.

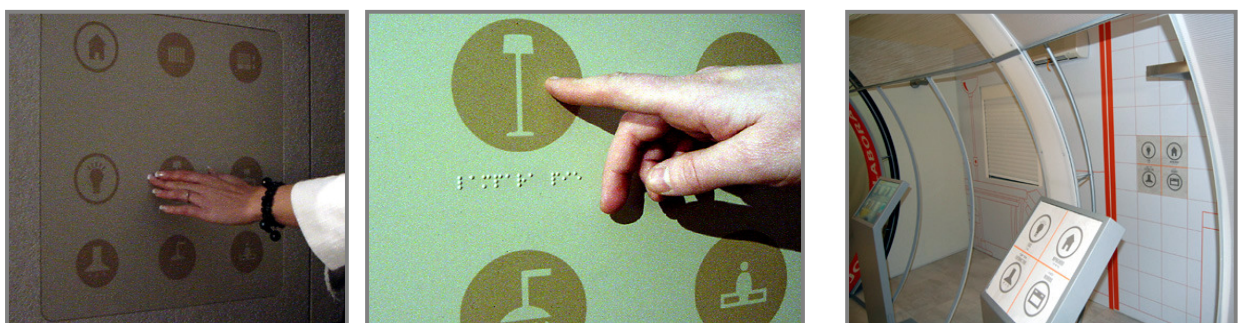
El **sistema Hydrotect** de Buchtal se basa en la incorporación de **dióxido de titanio** a la pasta cerámica el cual, activado posteriormente por la acción de la luz, provoca un reacción fotocatalítica que confiere propiedades hidrófilas a la superficie cerámica. De este modo, el despegue de la suciedad se logra con la simple aplicación de agua, lo que hace que, con el oxígeno activado resultando de la acción fotocatalítica oxide todo tipo de hongos y bacterias, evitando así su proliferación. Se trata de una pieza extrudida de 8mm de espesor⁽⁶¹⁾.



El dióxido de titanio se utiliza mucho como pigmento blanco en pinturas exteriores por ser químicamente inerte, su gran poder de recubrimiento, su opacidad al daño por la luz UV y su capacidad de auto-limpieza. También se ha empleado como agente blanqueador y opacador en esmaltes de porcelana, dando un acabado final de gran brillo, dureza y resistencia al ácido.

TAU Cerámica junto con **Lartec** han incursionado en la investigación de la fabricación de la *baldosa domótica*, una baldosa cerámica interactiva que permite controlar los servicios de la vivienda (luces, calefacción, electrodomésticos, etc), y que se enmarca dentro de lo que se llaman “*casas inteligentes*”. Tau cerámica se encarga del diseño de la baldosa, mientras que *Lartec* se encarga del desarrollo técnico. Con esta baldosa, el usuario puede personalizar los servicios de su vivienda de acuerdo a sus comodidades.

La baldosa dispone de un sistema iconográfico táctil, para controlar los mecanismos eléctricos de la casa, que funcionan por el sistema *soft touch*, que incluye la escritura en braille, y se puede instalar en el interior y en el exterior de la casa, y vienen en distintos materiales y colores que se adaptan a cualquier propuesta de decoración. En la exposición en la Ciudad de las Artes y las Ciencias en Valencia, bajo el lema “*Cuidamos tu calidad de vida*”, TAU Cerámica expuso la baldosa domótica para su uso en viviendas de personas con movilidad reducida o de edad avanzada.



Fuente: Stand TAU Cerámica – CEVISAMA 2009

Piezas reforzadas con fibras de alta resistencia fabricadas por compactación continua⁽¹⁷⁾: Esta pieza surge de las investigaciones realizadas por **SACMI Isola, S. C.** Italia, sobre piezas de gres porcelánico usadas en fachadas ventiladas por el peligro que representa el desprendimiento de una o parte de ellas para las personas.

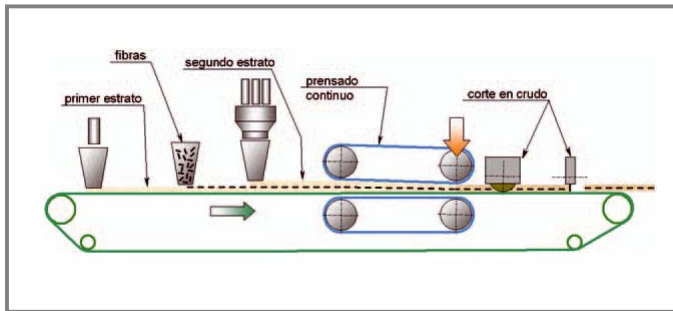
Las piezas cerámicas son especialmente resistentes a la compresión, pero frágiles a la tracción, y por consiguiente a la flexión, por lo que en pavimentos, se aumenta su sección para reducir este tipo de tensiones. Al aumentarse los formatos (de hasta 1 m), esta característica hace que se limite el uso de estas piezas, porque debe aumentarse su espesor, aumentando su peso; y limitando el uso de las placas grandes. Aún así, el aumento de grosor, no evita ni supera la fragilidad del gres, sobre todo en fachadas con fijaciones mecánicas colocadas a gran altura.

Para evitar el peligro que resulta el desprendimiento de estas placas, o partes de ellas debido a factores externos, las fábricas han optado por dos soluciones: el pegado de mallas en su reverso –sistema utilizado también en placas de piedra- lo que hace que, en caso de rotura, los fragmentos se mantengan adheridos a la malla o a la cola; y el encolado de dos o más placas cerámicas por medio de PVB –polivinilo de butiral- creando un laminado compuesto parecido al del vidrio estratificado, para asegurar la continuidad mecánica. Las dos soluciones son altamente costosas y limitadas en su uso, y no dan un resultado totalmente satisfactorio.

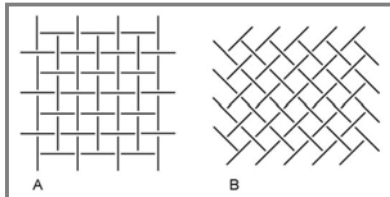
SACMI Isola realizó estudios y ensayos reforzando las placas de gres introduciendo fibras altamente resistentes en la masa cerámica, utilizando el *sistema de prensado de compactación Continua[®]*, un sistema que ha aparecido recientemente en mercado.

Aprovechando esta tecnología, la fabricación de la pieza se realiza de la siguiente forma:

- Primera capa de polvo cerámico (de la mitad de la altura total del material baido a prensar)
- Colocación de las fibras (fibras sueltas y no una malla continua, para evitar los movimientos opuestos después el prensado: la malla impediría la dilatación del material cerámico)
- Segunda capa de polvo, intentando dejar previsto la decoración final (pigmentación, etc)
- Compactación en una sola fase de las capas de polvo y las fibras, integrando todos los materiales por acción del prensado.
- Cortado de las piezas
- Decoración
- Secado, cocción y pulido.



Nuevo sistema de compactación Continua[®].



Las fibras que se aplican son de varios materiales: acero inoxidable, fibras de carbono, fibras aramídicas (Kevlar), fibras de vidrio, etc.; de un diámetro de entre 0.3 y 0.7 mm y una longitud de entre 20 y 100 mm.

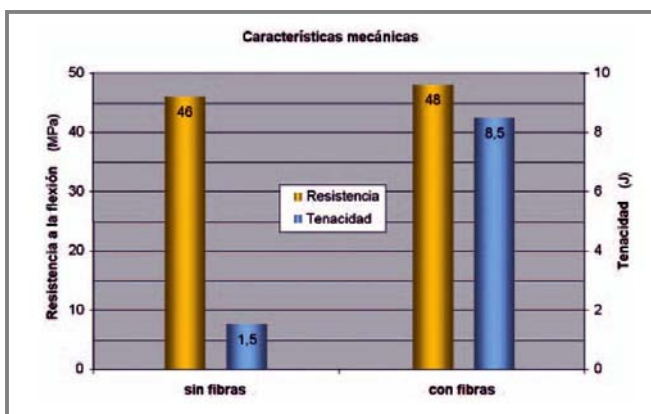


Distribución de las fibras en la cinta transportadora de compactación continua.

Para conseguir la pieza final, se debe reducir el formato de la placa, cortándola antes de la cocción. La reducción del formato se hace con una máquina corte y la presencia de las fibras no supone ningún problema. Luego, cada pieza pasa a una fase de reprensado mediante una prensa tradicional de alto tonelaje.



Probeta para los ensayos de resistencia: aspecto de los bordes luego del corte.



En el diagrama se observa un aumento del módulo de ruptura (flexión) cercano al 4% dado a que las fibras están colocadas en el plano medio de la placa, o sea, el eje neutral, donde las tensiones son casi iguales a cero; y de la tenacidad en un valor cercano al 450%, dando como resultado un material menos frágil y mas fuerte.

Las ventajas que se obtienen con esta pieza son: la utilización de un método que se adapta perfectamente al nuevo *sistema de compactación Continua*[®], con la consiguiente simplicidad de realización de un producto compuesto; la presencia de una especie de “esqueleto” conformado por las fibras, lo que impide la dispersión de fragmentos; ampliación de posibilidades del uso de este revestimiento en grandes fachadas; ningún efecto negativo durante las dilataciones del post-prensado y las contracciones de la post-cocción y bajo coste de aplicación.

Fuente: Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del QUALICER 2006, IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, organizado por Cámara de Castellón y el Colegio oficial de Ingenieros Superiores Industriales – Ponencia a cargo de A. Bresciani y C. Ricci, de SACMI Imola, S. C. Italia

Otros revestimientos⁽¹⁾:

Existe también una cantidad de revestimientos que no tienen una difusión masiva o que poco a poco han ido cayendo en desuso, que no se encuadran en la clasificación propuesta por la Comisión Europea de Normalización, y que se utilizan en aplicaciones muy específicas. Podrían incluirse en los grupos mencionados, pero se detallarán a continuación.

- Revestimientos murales: pueden ser piezas de cualquiera de los grupos ya mencionados, pero en este caso son piezas encargados de producción artesanal, en series reducidas, o que se utilizan en composiciones específicas según el interiorista o decorador. Japón ha sido el país que más ha producido este tipo de pieza.



Revestimiento mural de gres, de 33,3 x 5 cm, de Nipón Toheki Co. Ltda.

Fuente: "Manual-guía técnica de los revestimientos y pavimentos cerámicos" José L. Porcar – Instituto de Promoción Cerámica, Diputación de Castellón, 1986

2-3- Revestimientos horizontales : pavimentos

Se clasificarán los revestimientos cerámicos que, dadas sus características, sirvan para revestir suelos, a los que denominaremos “pavimentos”. Los productos mas usuales que encontramos actualmente en mercado son: la rasilla, la toba rústica, las baldosas gresificadas sin vidriar o gres rústico, los pavimentos de bicocción, el pavimento de gres, y el gres porcelánico.

Para que un revestimiento cerámico pueda ser usado como pavimento, debe presentar una alta resistencia mecánica y un buen comportamiento ante la helada. Para lograr un buen resultado en estos dos requerimientos, se debe

conseguir la reducción de la porosidad de las piezas. Para lograr esto es necesario que la materia prima esté provista de materiales que aporten óxidos alcalinos, como las arcillas o feldspatos, lo que contribuirá a la formación de una cantidad suficiente de fase vítrea durante la cocción.

La reducción de la porosidad, normalmente produce una alta contracción durante la etapa de la cocción, y mayor será la contracción a medida que la porosidad deseada disminuya.

En el caso de los pavimentos es necesario que las materia primas aporten óxidos alcalinotérreos, los cuales reducen el intervalo de la cocción y aumenta las deformaciones, razón por la cual las arcillas que presentan un contenido de carbonato cálcico superior al 5 % son consideradas no aptas en la fabricación de pavimentos.

España ha sido tradicionalmente considerada como una productora de azulejos para revestimiento de paredes, pero a partir de principios de los 80 y la introducción del sistema de monococción, la producción de pavimentos ha alcanzado el 50 % de la producción total de revestimientos.

Para que un pavimento esté correctamente elegido y colocado, deberá cumplir los siguientes requisitos y cubrir las siguientes prestaciones, según el **Código Técnico de Edificación** (CTE), aprobado en marzo del 2006⁽¹⁰⁾:

- **Resistencia mecánica:** en la que debemos tener en cuenta la resistencia a la flexión, a la compresión, y al impacto.

Los pavimentos cerámicos son muy susceptibles al impacto, son rígidos, con poca flexibilidad, por lo cual podemos afirmar que son frágiles llegando a la rotura apenas superado el módulo de elasticidad. Esto es radicalmente opuesto a la resistencia a la compresión, a lo que es un material altamente resistente. Las normas internacionales no contemplan la resistencia a la compresión y al impacto para revestimientos cerámicos.

La cohesión interna del cuerpo cerámico cumple un importante papel en cuanto a la resistencia a la flexión, la compresión y el impacto, aunque en este último es fundamental la puesta en obra y la buena colocación. La resistencia mecánica aumentará mientras más compacto sea el soporte, y disminuirá para los soportes porosos.

- **Resistencia al desgaste superficial:** Dependiendo del pavimento, en los vidriados dependerá del acabado superficial, y en los no vidriados dependerá del soporte. Los puntos fundamentales son:

- **Dureza superficial:** resistencia al rayado. En los pavimentos no vidriados, la dureza dependerá del grado de cohesión interna, menor en las piezas porosas y mayor en piezas no porosas. En los pavimentos vidriados, en cambio, dependerá de la naturaleza, la composición y el la maduración del revestimiento vítreo, aunque en general puede decirse que los vidriados mate son mas duros que los vidriados brillantes.
- **Resistencia al desgaste por fricción o abrasión:** Mide la erosión superficial que dependerá de la abrasividad del cuerpo agresor, del soporte en las piezas no vidriadas, y de las características del vidriado en las piezas vidriadas (color, textura, composición).

- Grado de atacabilidad de agentes químicos: Mide la capacidad de rechazo a las manchas producidas por agentes químicos, o de la facilidad de limpieza de estas. En este caso dependerá también de la porosidad del soporte en caso de las piezas no vidriadas y del vidriado en el caso de las piezas no vidriadas. Mientras mas porosa sea la superficie, más absorberá las manchas, y mientras más impermeable, más las rechazará.

- **Resistencia al deslizamiento:** El coeficiente de rozamiento de los pavimentos cerámicos es bastante similar al de otros materiales alternativos, y a veces superior, como en el caso del terrazo. Pero cuando la superficie del pavimento está mojado o en presencia de grasas, este coeficiente desciende considerablemente, sobre todo en superficies vidriadas. Por esta razón, en los casos de que se trate de un pavimento que esté expuesto al agua y a un elevado tránsito, debe seleccionarse un pavimento con un coeficiente de rozamiento medio, eligiendo la textura y el relieve adecuado para evitar deslizamientos pero que no dificulten la limpieza.

El **CTE** clasifica los suelos según el valor de resistencia al deslizamiento (R_d), en función de la naturaleza y la funcionalidad del espacio en el que van a ser utilizadas, que afecta a edificio de concurrencia pública. Esta clasificación define 4 tipos de suelos, con R_d menor o igual a 15, comprendidos entre 15 y 35, 35 y 45, y mayor de 45.

CLASIFICACION DE SUELOS SEGÚN SU RESBALADICIDAD	
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO R_d	CLASES DE SUELO
$R_d < 15$	Clase 0
$15 < R_d < 35$	Clase 1
$35 < R_d \leq 45$	Clase 2
$R_d > 45$	Clase 3

El valor de resistencia al deslizamiento según norma **UNE-ENV 12633:2003**, emplea la escala C en probetas sin desgaste acelerado y se obtiene mediante el *ensayo del péndulo* (equipo consistente en un péndulo con un brazo de 510 mm de longitud, que soporta en su extremo un patín o deslizador de caucho de dureza y dimensiones normalizadas. La altura del péndulo se puede regular para que el patín llegue a ejercer una carga de 22,2 N manteniéndose en contacto con la superficie de ensayo en un recorrido de 126 mm) .

En el siguiente cuadro se muestra la clasificación en función de su localización, que debe mantenerse durante la vida útil del pavimento:

CLASE EXIGIBLE A LOS SUELOS EN FUNCIÓN DE SU LOCALIZACIÓN	
ZONA	CLASE DE SUELO
Zonas interiores secas -Sup. con pendiente inferior al 6 % -Sup. con pendiente igual o mayor al 6 % y escaleras	Clase 1 Clase 2
Zonas interiores húmedas (baños, cocinas, piscinas cubiertas, etc. (1) - Sup. con pendiente inferior al 6 % - Sup. con pendiente igual o mayor al 6 % y escaleras	Clase 2 Clase 3
Zonas interiores expuestas a agua y agentes que reduzcan la resistencia al deslizamiento (grasas, aceites, lubricantes, etc.) (cocinas industriales, mataderos, garajes, zonas de uso industrial, etc.)	Clase 3
Zonas exteriores. Piscinas (2)	Clase 3

(1) Se incluyen los suelos del entorno de las entradas a los edificios desde el espacio exterior, excepto cuando se trate de accesos directos a viviendas o a zonas de uso restringido, así como las terrazas cubiertas

(2) En zonas previstas para usuarios descalzos y en el fondo de los vasos, en las zonas en las que la profundidad no exceda 1,5 m

Para clasificar los pavimentos se proponen cuatro grandes grupos: **los pavimentos porosos no vidriados**, **los pavimentos porosos vidriados** (estos dos últimos comentados en el bloque anterior), **los pavimentos gresificados** y **los pavimentos especiales**.

Pavimentos gresificados⁽¹⁾:

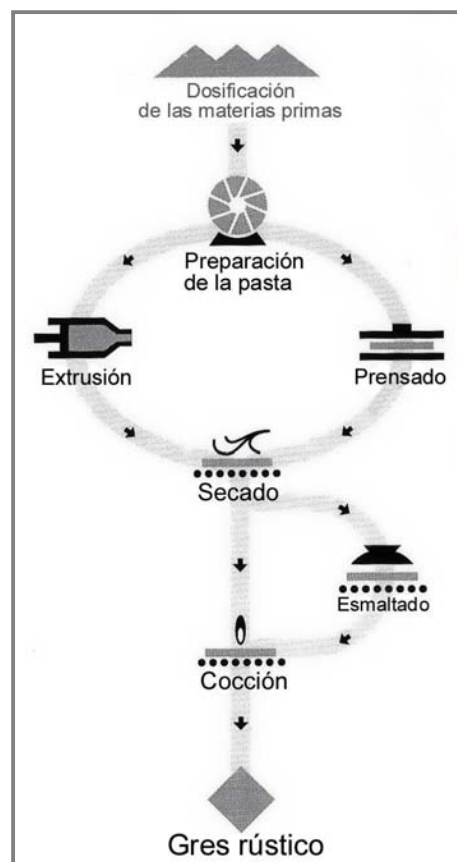
Son piezas con soportes parcialmente gresificados de diferentes coloraciones, vidriados o no, con una capacidad de absorción de agua de entre el 3 y el 6 % (grupo **AIIa** y **BIIa**) y con prestaciones físicas medias.

- **Gres rústico:** Su porosidad a partir del 1,5% en algunos casos llega a superar el 6 % aunque normalmente se encuadran en el grupo **AIIa**, y se emplea en ambientes rústicos interiores o exteriores, siempre que sea resistente a la helada (**EN 202**).

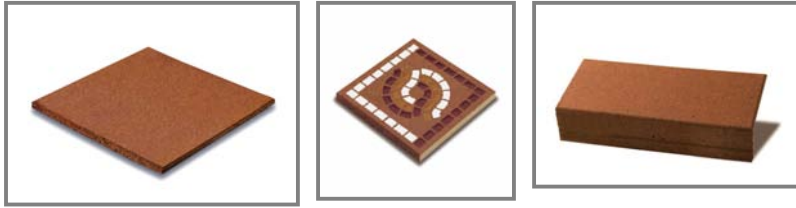


Piezas de gres rústico
 Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
 Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

Esquema del proceso de fabricación del gres rústico
 Fuente: "Materias para la Fabricación de Soportes de Baldosas Cerámicas" A.Barba, C. Feliu, J. García, F. Ginés, E. Sánchez, V. Sanz, V. Beltrán - Instituto de Tecnología Cerámica, Castellón, 1997



- **Klinker:** Es una pieza obtenida por extrusión o prensado, con una porosidad media entre el 3 y el 6 %, que se utiliza en pavimentos interiores y exteriores, siempre que presenten resistencia a la helada. Puede ser vidriado o no vidriado, sin aplicación de decoraciones. Se usa en revestimientos exteriores e interiores, y de acuerdo a ciertas características particulares también puede usarse en ambientes industriales, revestimientos de cámaras frigoríficas y piscinas, aunque en estos casos deberá tratarse de piezas altamente gresificadas, con casi nula porosidad abierta, y alta resistencia mecánica y química (grupo **AI** y **BI**). Debido a su la amplitud de usos, se presenta en varios formatos, con piezas complementarias y en sistemas modulados.



Piezas para pavimentos de klinker de la línea Venatto para pavimentos: pieza sin decorar, pieza decorada, y pieza especial para peldaño.

- Pavimentos parcialmente gresificados vidriados: Son conocidos comúnmente como pavimentos de gres o gres monococción. Es el producto con mas oferta dentro de los pavimentos, y existe gran variedad en formatos y tratamientos superficiales. La molienda de su materia prima se realiza normalmente por vía húmeda porque el polvo del atomizado es más apto para el prensado. La extrusión se emplea en pocos casos, porque las contracciones que se producen durante el secado son muy grandes y esto desencadena una gran inestabilidad dimensional. Algunas piezas presentan un vidriado de gran dureza y resistencia a la abrasión, incluyéndose vidriados antideslizantes, que son especialmente diseñadas para locales de tránsito alto.

- Se encuadran en el grupo **BI Ia**, aunque las piezas moldeadas por extrusión pertenecen al grupo **AI Ia**.



Esquema del proceso de fabricación del revestimiento poroso y el pavimento gresificado

Fuente: "Materias para la Fabricación de Soportes de Baldosas Cerámicas" – A.Barba, C. Feliu, J. García, F. Ginés, E. Sánchez, V. Sanz, V. Beltrán Instituto de Tecnología Cerámica, Castellón, 1997

Los formatos que se encuentran en el mercado son muy diversos, los más conocidos son los de 20 x 20 cm, 30 x 30 cm y 40 x 40 cm, con soportes de colores claros y oscuros, y vidriados muy diversos, tanto en textura como en decoración.

La evolución de la tecnología de fabricación, sumada a un control más exhaustivo y a la automatización en los sistemas de selección, ha llevado a superar muchos de los defectos que se planteaban durante la compactación en sus características dimensionales y de aspecto, y de uniformidad en el proceso de cocción. Igualmente es aconsejable que el usuario realice verificaciones al pie de obra en paneles de 2-3 m² de dimensiones, planitud, rectitud de aristas, y ortogonalidad. Así también se aconseja solar el pavimento con juntas más o menos anchas, para absorber pequeñas variaciones dimensionales.



Piezas de gres esmaltado



Pavimento gresificado vidriado
(Hipercerámico – Argentina)

*Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998*

Si se va a destinar a zonas frías habrá que comprobar su resistencia a la helada, al desgaste superficial y a las manchas.

- Pavimentos gresificados con absorción de agua inferior al 3 %: Estos pavimentos presentan una capacidad de absorción de agua igual o menor al 3 %, con una mayoría perteneciente al grupo **BI** aunque también existen productos extrudidos encuadrados en el grupo **AI**.

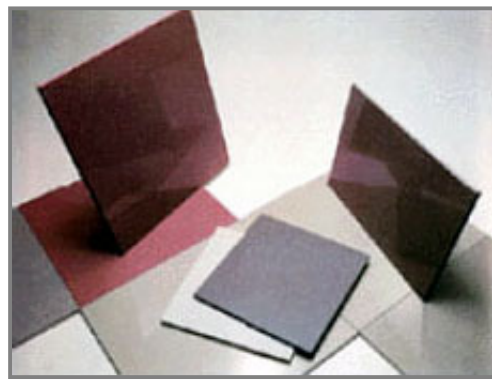
Sus prestaciones físicas son muy elevadas, aunque existen productos que reaccionan mal ante el desgaste y las manchas.

Para su fabricación, se utiliza materia prima compleja (gres compuesto), muy cercanas a la de la porcelana, y el material es sometido a molienda por vía húmeda. Durante el proceso de cocción se requiere más tiempo y mayor temperatura (1200° C) que para las baldosas semigresificadas, ya que el objetivo es alcanzar la total gresificación del producto, con abundante fase vítrea y cristalizaciones de mullita. El soporte obtenido es generalmente de colores claros.

La mayoría de estas baldosas se comercializan no vidriadas, ya que es innecesario impermeabilizarlas, y algunas veces se la pule para obtener un brillo especular.

Como ya se mencionó en la sección de revestimientos, el producto estrella en la actualidad es el **gres porcelánico**, muy conocido gracias a la intensa promoción que se ha hecho desde Italia (*porcelanatto*), donde se lo propone para pavimentos de elevadas prestaciones mecánicas para tránsito medio y alto.

El origen de este material está en la pasta muy cercana a la porcelana con la que se fabricaba el mosaico de pequeño tamaño. Antiguamente no se podían fabricar formatos de mayor tamaño debido a la brutal contracción que sufre la pieza al ser sometida a la temperatura de 1250° C, de la cual se obtenía un producto de casi nula porosidad con elevadas prestaciones mecánicas. El avance tecnológico ha posibilitado la fabricación, primero, de piezas de 20 x 20 cm y de 20 x 30 cm, hasta la actualidad en la que se fabrican piezas de grandes dimensiones llegando a baldosas de 1 x 1 m (TAU Cerámica).



Baldosas de gres porcelánico
Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología
de Colocación de baldosas Cerámicas"

Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

Gres porcelánico
sometido a grandes
cargas: Consecionario
BMW, Mahadahonda,
Madrid, España
(TAU Cerámica)

La porosidad abierta que se exige en este producto debe ser igual o inferior al 0,5 % a fin de que se comporte bien ante el ataque químico, porosidad que debe estar asegurada en el interior de la pieza, ya que ante el desgaste podrían aflorar al exterior haciéndolo vulnerable al ataque de las manchas.

Este producto, aparte de ser aconsejado en el uso de viviendas, también está aconsejado para su utilización en zonas de tránsito alto peatonal o industrial, por lo que la resistencia al desgaste ha de ser comprobada mediante pruebas de abrasión progresiva par asegurar la nula porosidad del producto.

El grupo **Greco Gres** ofrece a la venta su línea Venatto de pavimentos de gres fabricados por extrusión y pulidas para el recubrimiento de pavimentos exteriores e interiores (**AI**).



Pieza de 30 x 30, 40 x 40 y 60 x 60 cm⁽¹⁸⁾

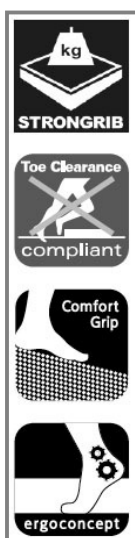
En la fábrica **TAU**, el grupo de investigación **S3** (*Smart Surfases Systems*) ha desarrollado la línea *Civis'agora*, presentada en el stand de CEVISAMA 2009, como un sistema integrado de pavimentos antideslizantes en **clases 1, 2 y 3** concebida especialmente para espacios urbanos exteriores públicos y semipúblicos. Esta línea se ha diseñado teniendo en cuenta su adaptación ergonómica y los criterios del "Diseño Universal o Diseño para Todos". Para ello, la compañía castellonense ha contado con la colaboración de los expertos del *Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)* y del *Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)*.



Calle en Castellón, donde se aplicó este sistema con todo éxito.

Las piezas de pavimento de CIVIS'AGORA se caracterizan por su alta durabilidad y optimización para disminuir las patologías más frecuentes en este tipo de recubrimientos, y para transmitir al ciudadano percepciones como la seguridad y el confort.

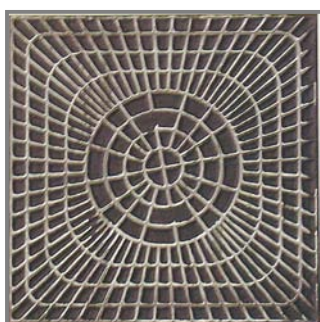
Este modelo de gres porcelánico ofrece, además, una excelente resistencia a los agentes atmosféricos, debido a su porosidad nula y gran dureza, sin que ello implique una complicación añadida en su instalación, con adhesivos especialmente desarrollados para este pavimento (*Fixersystem* de **TAU**). Además, su mantenimiento es mínimo y su durabilidad es superior a los materiales utilizados convencionalmente.



MEDIDAS	402x402 mm
ESPESOR	15 mm
FUERZA A LA ROTURA	mayor de 5000N (UNE-EN ISO 10545-4)
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO	UNE-ENV 12633 superior a 45 clasificada como clase 3 según el CTE
ABSORCIÓN DE AGUA	menor al 0,5% (UNE-EN ISO 10545-3)
RESISTENTE A LA HELADA	SI
RESISTENTE A AGENTES QUÍMICOS	(UNE-EN ISO 10545-13)
RESISTENTE A LAS MANCHAS	(UNE-EN ISO 10545-14)

Ficha técnica de la colección Urban.

Fuente: www.tauceramic.net
<http://civisagora.es3.com> "catálogo técnico" on line

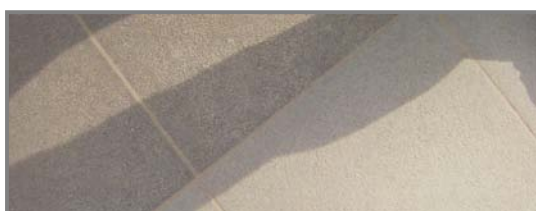


El reverso de la baldosa presenta una costilla adecuada a su geometría llamada *Strongrib*, diseñado mediante el cálculo de elementos finitos para optimizar las prestaciones mecánicas del pavimento. Esta investigación se realizó con la colaboración del I.T.C.

Colección Urban:

Es un sistema para aceras que incorpora criterios ergonómicos en su diseño. Por su resistencia, durabilidad y fácil mantenimiento es inalterable al paso del tiempo. Presenta un acabado abujardado antideslizante **Clase 3**, el más seguro y confortable tanto en seco como en mojado.

Especialmente diseñados para aceras, plazas, viales, bulevares, accesos exteriores, áreas de espectáculos, zonas deportivas, entornos húmedos, y todas aquellas zonas que precisan un alto nivel antideslizante.



Pieza tallada con láser para boca de registro en la vía pública. Cevisama 2009.

Colección Intern:

Es un producto para zonas semi-públicas urbanas con un acabado antideslizante **Clase 1, 2 y 3**, que evita transiciones abruptas entre espacios exteriores e interiores, por lo tanto entre asperezas de superficies antideslizantes, permitiendo la adaptación natural de la marcha del caminante.

Especialmente diseñados para estaciones de tren o metro, zonas comerciales, mercados, geriátricos, escuelas y todo aquel espacio interior de alto tránsito.



En el stand de Cevisama 2009 se expusieron las tres colecciones de Civis'agora. En la foto la colección Urban en gris y la colección Intern en rojo. Junto al árbol sobre el cantero, una propuesta de adoquín cerámico para cubrir la tierra sin producir desniveles peligrosos en la vía pública por este tipo de equipamiento.

Colección Unik:

Es el producto exclusivo para cualquier proyecto públicos interiores, jugando con tendencias gráficas, artísticas y decorativas y con un acabado antideslizante **Clase 1, 2 y 3**

Ha sido diseñado para ser sensible al tacto de la pisada, en especial para demarcar y delimitar zonas de cambio de uso y límites de espacios. Su textura en franjas o en pupos está ergonómicamente definida para que al pisarla se sienta en la planta del pie y sirva también para marcar sentidos y sendas para ciegos.



Stand Cevisama 2009

Pavimentos especiales⁽¹⁾:

Estos pavimentos son los que se destinan a una utilización concreta y definida, y requieren un diseño puntual con una propiedad específica en cada uno:

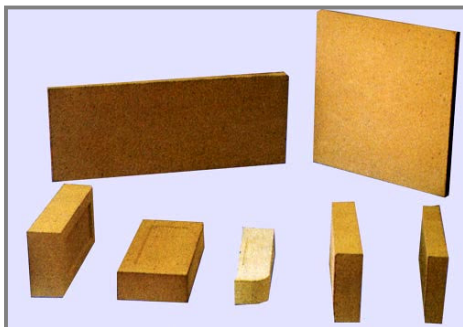
- Mosaicos porcelánicos anti-ácido: Tiene una elevada resistencia mecánica y alta resistencia al ataque químico. Su composición parte de pastas muy cercanas a la porcelana con una porosidad del 0,1 % y se recomiendan para el solado de laboratorios y plantas industriales del sector químico. Aquí se debe tener especial cuidado en el material que se utilice para el rejuntado, ya que también debe presentar propiedades anticorrosivos y resistentes a la acción de los ácidos.



Solado antiácido (Sercolan)

- Pavimentos y revestimientos refractarios: En aplicaciones con requerimientos térmicos específicos se aconseja el uso de esta cerámica resistente a cambios bruscos de temperaturas, ya que no pierden su solidez. Presentan baja conductividad térmica y por ellos son utilizados como aislantes térmicos (como en el caso de la cerámica técnica usada en la fabricación de los cohetes espaciales, que sufren un calentamiento excesivo al atravesar la atmósfera).

Es imprescindible mantener un control exhaustivo de la porosidad de este tipo de cerámica, porque a menor porosidad, mayor será su resistencia.



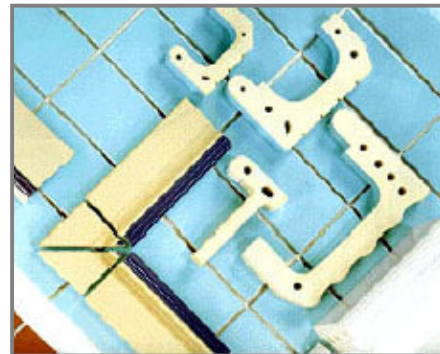
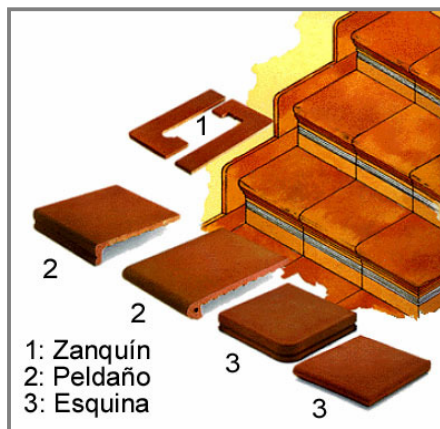
Cerámicas refractarias
(Refractarios Sevilla S.A.)

- Pavimentos conductivos: Para ser aplicados en hospitales y ambientes con riesgo alto de explosión o incendio por chispas generadas por acumulación de electricidad estática, estos pavimentos están formulados con una pasta específica que aporta una resistencia eléctrica controlada entre límites fijados según normativa. La puesta en obra también requiere un tratamiento especial contemplado en la normativa.

2-4- Las piezas especiales

Cabe mencionar en este apartado, las piezas especiales diseñadas especialmente para solucionar encuentros, esquinas o zonas de entrega y que ofrezcan una solución decorativa adecuada. Algunas de ellas, pertenecen a sistemas ya modulares que ofrece cada fábrica en particular. Puede utilizarse cualquier sistema de moldeo, prensado, extrudido, colado o manual, de acuerdo a los requerimientos de cada sistema. Actualmente, estas piezas se fabrican de forma seriada, lo que la limitado mucho la creatividad y el diseño.

Un ejemplo de la necesidad de la existencia de estos elementos son las piscinas y las escaleras, donde son cruciales los encuentros donde pueden producirse filtraciones.



Piezas especiales para piscinas
Piezas especiales para escaleras

Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

2-5- Piezas de diseño

En este apartado se presenta la labor de grupos que están desarrollando proyectos de investigación de diseño de piezas cerámicas que cubran las nuevas necesidades arquitectónicas surgidas de las nuevas corrientes. Para esto se están recuperando las técnicas del pasado, dado que ciertas piezas de formas complejas solo pueden conseguirse a través de métodos de conformado ya en desuso, tales como el colado.

De este modo, al recuperarse y rediseñarse técnicas tradicionales, también se recupera un repertorio rico en formas, y se fomenta la creatividad, el diseño y la investigación del material cerámico, recreándolo, reinventándolo y explotando al máximo todo su potencial formal y utilitario.

El grupo **ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico)**, con sede en Castellón, se dedica a la creación de nuevos diseños cerámicos en base a las nuevas tendencias y tecnologías.

Año tras año, el equipo ALICER presenta en diferentes congresos y exposiciones nuevas propuestas basadas en estudios de mercado que promueven la utilización del cerámico y aportan respuestas y soluciones a los nuevos problemas.

La última presentación de ALICER, se centró en buscar respuestas agrupando al consumidor en cuatro grandes grupos, a fin de marcar corrientes de diseño, de acuerdo a grupos preexistentes, pero reinterpretando los perfiles generados en los últimos tiempos.

Estos cuatro grupos son definidos como:

- Línea *Conservadora*: Refleja un gusto más clásico, evita lo desconocido pero aceptando cambios estéticos que van introduciéndose en sus esquemas. La identidad se logra a través de la conservación de lo tradicional.
- Línea *Innovadora*: Arriesga, rompe esquemas, representa un gusto más atrevido y se enfrenta con la corriente anterior. A través de paletas de color, relieves, formas, acabados y decoraciones vanguardistas, se

buscan diseños iconoclastas y se reniega de cualquier imitación o efectos estéticos que puedan ser resueltos por otros materiales con los que compite.

- Línea *Tecnológica*: Las tecnologías de avanzadas se integran aquí al material cerámico para aportarle funciones relacionadas con la iluminación, la calefacción, la domótica, en función de los nuevos requerimientos domésticos.
- Línea *Natural*: Contrapuesta a la línea anterior, rodeada de materiales que reflejan la calidez de la naturaleza, y persistente de tiempos anteriores, se reinventa aludiendo a los productos naturales y al diseño con relieves y formas orgánicas.

Algunos ejemplos:

Pieza de adaptabilidad⁽⁶⁾: es una pieza cuyo diseño se basa en las lamas de una persiana industrial. Está especialmente diseñada para recubrir superficies curvas, tanto en horizontal como en vertical, aportando la sensación de continuo pliegue en movimiento. Su sección transversal define la forma de la pieza, y es conformada por el método de extrusión.

Puede utilizarse en paredes y en techos, posibilitando la colocación en malla reticular y en aparejo tradicional.



Sus dos laterales son curvos y complementarios, permitiendo el deslizamiento cuando son solapadas unas con otras, y ocultando la junta horizontal en las superficies curvas.

Stand ALICER – CEVISAMA 2005
Fotos: Maria Celina
Vacca

Piezas de junta oculta para paramentos⁽⁶⁾: Se basa en dos tipos de piezas que se solapan ocultando la junta a fin de romper con la forma clásica de la junta ortogonal del revestimiento cerámico. La pieza base tiene forma regular, rectangular o circular, y la segunda pieza es curva, insertándose en la pieza base a modo de botón.

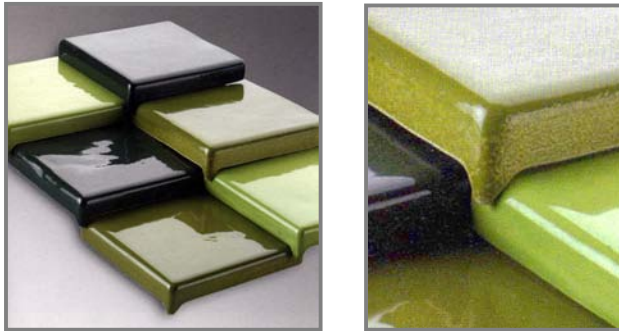


Las piezas rectangulares planas se colocan a tresdoblillo formando una base sobre la pared. Sobre esta base se disponen las piezas curvas haciendo sobresalir sus arcos circulares y cubriendo en su totalidad las juntas de las piezas base, y dando un aspecto de damero de curvas tangentes sobre un fondo sin juntas

Stand ALICER – CEVISAMA 2005

Pieza de tejas de cubierta⁽⁶⁾: Especialmente diseñada para cubiertas inclinadas, es una teja cuadrada de aspecto plano, vidriada, que presenta una

solución de juntas ocultas impermeables. Es una pieza cuadrada única con una terminación especial en una de sus esquinas para permitir su colocación solapada a cartabón, sin necesidad de utilizar perforaciones en la pieza, lo que podría generar filtraciones de humedades.



Stand ALICER – CEVISAMA 2005

Pieza para solados⁽¹⁹⁾: Con respecto a nuevas piezas de diseño para su utilización en pavimentos, el stand ALICER de CEVISAMA 2007, en su exposición “Trans/Hitos” ha presentado una nueva pieza, cuya fabricación es muy sencilla y se trata de una pieza tridimensional en U para ser utilizada en sistemas de suelo sobreelevado en zonas donde la abundancia de agua exija un sistema de drenaje que evite el estancamiento de aguas.



Stand ALICER – CEVISAMA 2007

Pieza para fachadas ventiladas⁽¹⁹⁾: También se pudo apreciar una pieza diseñada especialmente para fachadas ventiladas que permitiera jugar con transparencias para ofreciera posibilidades de diseño y decoración. Se trata de una pieza de **porcelana** traslúcida con motivos gráficos en bajorrelieve, que esconde un sistema de retroiluminación que se activa al anochecer descubriendo los diseños aplicados.



Stand ALICER – CEVISAMA 2007



Fotos: María Celina Vacca

Pieza L⁽¹⁹⁾: Dentro de las variante de piezas tridimensionales, el equipo ALICER presentó también una pieza para usar en revestimientos interiores de baños y cocinas, en forma de L que permite su utilización para diferentes funciones:



Stand ALICER –
CEVISAMA 2007

Para el stand de **ALICER** en **Cevisama 2009**⁽²⁰⁾, se propuso a varios diseñadores e investigadores que aportaran nuevos diseños personales y únicos. De esta exposición, he rescatado dos ejemplos de nuevas propuestas innovadoras y diferentes.

“Encuentros Inesperados” de *Alba Piñot*: Parte de un workshop en colaboración con la experta en diseño francesa Matali Crasset, y propone un paso entre lo natural y lo artificial, como una interfase entre un estado y otro. Esto se logra diseñando una pieza con elementos que propicien el crecimiento de vegetación como imagen de convivencia de los industrial y la naturaleza.

En el bajo relieve creado en la pieza con motivos vegetales se coloca un relleno de cemento y sustancias térreas que favorecen el crecimiento de

líquenes en el pavimento y en el paramento, y crean un conducto que guía a las enredaderas.



Stand ALICER – CEVISAMA 2005

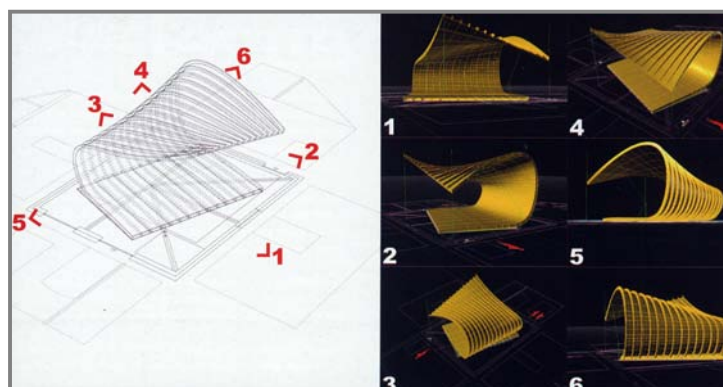
“Glacial” de Mila Payá: Más que un cerámico se trata de una porcelana traslúcida que reproduce de forma gráfica efectos florales y vegetales en una imagen como protegida por un bloque de hielo. Están impresas por el sistema UVI-CROM, que consiste en tintas orgánicas fijadas con luz ultravioleta, y se plantearon como paneles luminosos sobre cerámica traslúcida u opaca para espacios públicos o privados.



En el stand ALICER para CEVISAMA 2009 se expusieron estas piezas en el iglú, sujetas con grapas metálicas.
CEVISAMA 2005

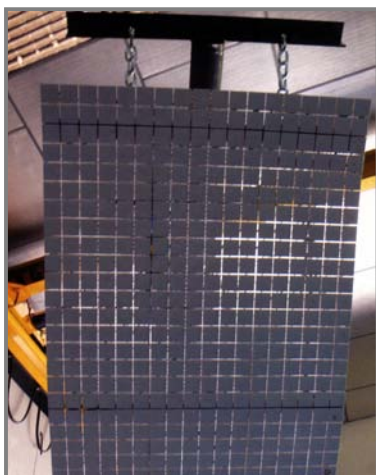
Stand ALICER –

Cerámica en Movimiento: Para el stand de ASCER en *Casa Décor 2007* (Barcelona), se le encargó al equipo del arquitecto Xavier Claramunt una pieza cerámica que se desprendiera de los cánones típicos y tradicionales de los usos comunes de este revestimiento. Para esto se puso en marcha el proyecto “*Cerámica en Movimiento*”, basado en una gran superficie compuesta de teselas de cerámica que se mueve y se pliega sobre sí misma mediante 4 motores que la mueven a un ritmo de 1m/30 seg.



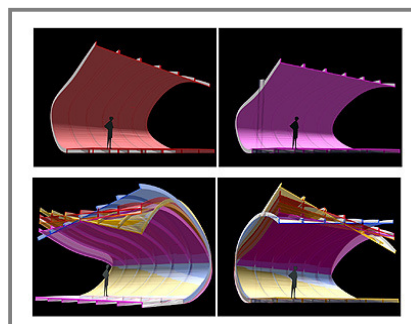
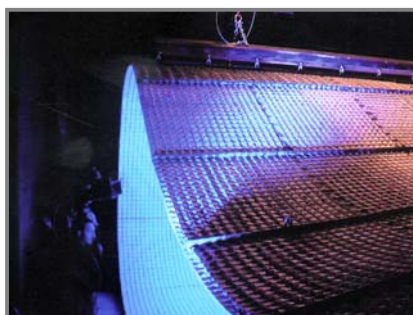
CUARTO BLOQUE

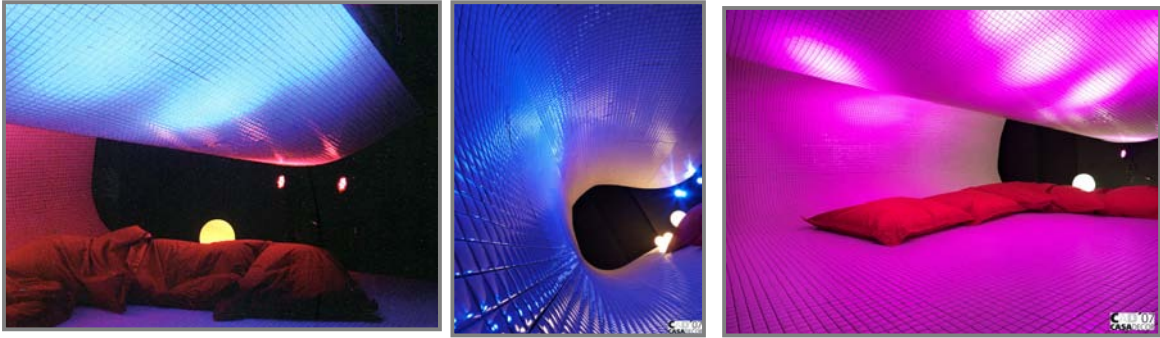
La empresa Colocaciones Especiales de Efrén Peromingo fue la encargada de aplicar la tecnología necesaria para su construcción. El entramado se compone de siete partes principales de 93 x 10000 cm y cada sub-parte mide 92 x 92 cm sobre cada una de las cuales se han fijado teselas en nueve láminas de 30,5 x 30,5 cm. La subestructura sobre la que va montado todo esto es una malla de 5 x 5 cm a base de varillas de 4 mm electrosoldadas, a la que se han soldado pasamanos de 8 x 40 mm para fijar transversalmente las 7 partes principales. Esta malla cuelga de 4 polipastos con una capacidad de 1.500 kg cada uno, lo que da un total de 6.000 kg. Los polipastos están gobernados por un autómata y tienen un recorrido que oscila entre los 3,5 y 1 m.



Fuente: Azulejo – distribución y colocación. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España

Los polipastos están ubicados a 4,40 m sobre el suelo, elevados mediante un caballete de acero formado por 4 pilares HEB-300 y 4 jácenas IPE-300. El entramado completo está compuesto por 22.680 teselas, a la que se suman 13.608 teselas más fijadas directamente al suelo, lo que hace un total de 36.288 teselas. Cada una de ellas tiene una dimensión de 50 x 50 mm y son de color blanco.





Este proyecto rompe con el mito de que la cerámica sea un material muerto, estático, sin vida ni movimiento, y demuestra que no existen materiales “antiguos” o “vanguardistas”, sino que la innovación y la vanguardia se dan en la creatividad de las aplicaciones que se le da a los mismos, complementando diferentes tecnologías para lograr el verdadero resultado innovador.

3- Los sistemas de colocación

Como dijimos en el capítulo anterior, los sistemas de colocación evolucionaron en función de los avances logrados en fabricación y disminución de la porosidad de las nuevas piezas cerámicas, así también como en las nuevas aplicaciones de los revestimientos (quirófanos, grandes paños de fachadas, industrias, áreas comerciales, etc.), y en los nuevos tipos de soporte. Es en esta época cuando España alcanza su máximo nivel en materia de investigación acerca de los sistemas de colocación que más se adecuen a las nuevas exigencias.

Aparecen numerosos productos especializados que tienen una aplicación específica de acuerdo a los requerimientos, y que tienen en cuenta la porosidad del revestimiento, el soporte, las condiciones climáticas, la puesta en obra, la exigencia de adherencia duradera y sólida, etc. lo cual a su vez, aumenta la necesidad de que los conocimientos del colocador y su especialización en la materia, sean mayores. Ahora será necesario no solo que los productos sean los adecuados, sino que el colocador tenga una preparación suficiente para saber escoger el sistema y el producto, a fin de que el resultado sea seguro, duradero y que responda a las expectativas de los requerimientos.

A los sistemas de colocación por adherencia directa, se le aportan nuevos materiales que ya no se basan solamente en la fijación mecánica producida por el anclaje del mortero fraguado en las ranuras del reverso de las piezas o en la porosidad de la baldosa y el soporte, sino que estos nuevos productos producen una fijación química entre ambas partes, además de mejorar sus prestaciones y solucionar los requerimientos de las nuevas funciones.

Además, y gracias a que el revestimiento no asume una función portante del edificio como parte del muro, se innova en sistemas de fijación en seco, por medio de fachadas ventiladas. Para estos sistemas se recurre a los criterios de diseño aplicados en fachadas ventiladas similares a otros revestimientos, como la piedra, y que son apropiados para baldosas cerámicas de gres extrudidos de bajas porosidades o de piezas porcelánicas.

También se aportan sistemas de colocación de suelos técnicos y de suelos de colocación en seco con sistemas de troquelado, a fin de facilitar la colocación, lograr el ahorro de materiales y evitar la preparación de pastas a pié de obra.

3-1- Colocación “húmeda” por adherencia directa:

La motivación fundamental por la que ha de guiarse el colocador a la hora de seleccionar el sistema de adherencia directa más conveniente es la seguridad de que ese sistema será duradero, firme y seguro. Para eso, éste es el período donde más condicionantes se han presentado debido a la variedad de soportes, porosidades de piezas cerámicas y funciones que existen actualmente en mercado. También se deben tener en cuenta los esfuerzos

mecánicos, las variaciones térmicas y las agresiones químicas y biológicas que sufrirán los materiales durante el tiempo de fraguado. Estos factores deben ser cuidadosamente analizados sobre todo en la colocación de piezas en fachada, debido al riesgo que atañe a las personas el hecho de un posible desprendimiento. Otro factor importante a tener en cuenta en cuanto a la composición del material de adherencia y de la porosidad de la pieza, es asegurar la invisibilidad total de la capa de unión, evitando que se produzcan manchas producidas por la migración de las sustancias químicas que componen los morteros a través de los poros de la baldosa.

Ante esta cantidad de variables, aparece la normativa **EN 12004** que regula los materiales de adherencia directa y especifica su uso. Los adhesivos que salgan al mercado deberán atenerse a la normativa, y especificar con claridad y en forma visible las utilidades, proporciones, etc., a destacar en el empaquetado.

La clasificación de materiales y sistemas de materiales se realiza en este capítulo en base a su composición y de acuerdo a las normativas vigentes.

Tipo de adherencia	Tipo de adhesivo	
Por capa gruesa	-Mortero tradicional -Mortero predosificado -Cemento aditivo para la preparación del mortero.	
Por capa fina	Adhesivos cementosos (morteros cola)	Mortero cola convencional
		Mortero cola con caseína (especial yeso)
		Mortero cola de altas prestaciones
		Mortero cola con ligantes mixtos
	Adhesivos de dispersión (pastas adhesivas): ligante a base de una dispersión polimérica acuosa + arena de granulometría controlada + aditivos orgánicos	
Adhesivos de resinas de reacción (resinas epoxi y resinas de poliuretano): Resina de reacción (epoxi o poliuretano) + un endurecedor (poliamidas o polisocianato) + cargas minerales (arenas silíceas)		

Fuente: Guía de la Baldosa Cerámica – Ascer

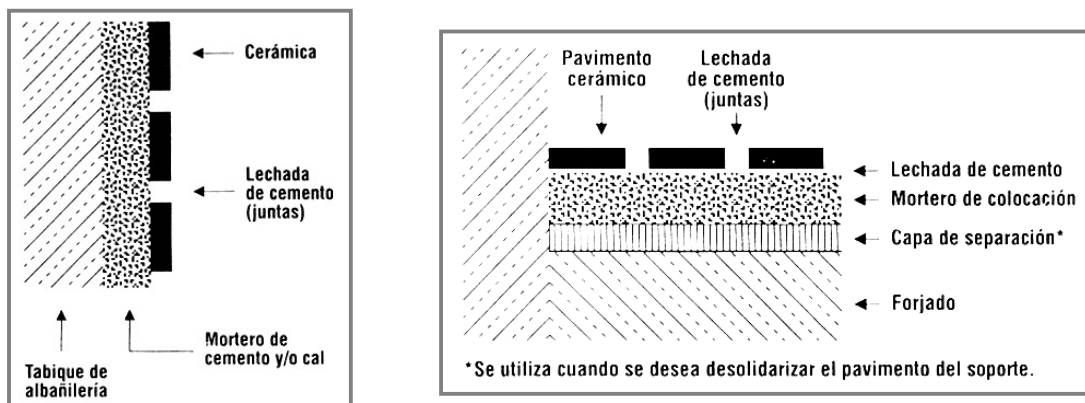
Cuadro resumen de las características mas relevantes de los adhesivos:

Técnica de colocación	Material de agarre	Adherencia	Deformabilidad	Resist. Al contacto del agua
Capa Gruesa	Mortero de cemento (MC)	Baja	Escasa	Media
Capa Fina	Mortero cola (A1)	Media	Escasa	Buena
	Mortero cola especial yeso (A2)	Media	Escasa	Media
	Mortero cola alta adherencia (C1)	Media-Alta	Escasa	Muy buena
	Mortero cola con aditivo polimérico (C2)	Alta	Alta	Buena
	Pasta adhesiva (D)	Alta	Alta	Escasa
Resinas de reacción (R)	Muy alta	Media	Muy buena	

Fuente: Guía de la Baldosa Cerámica – Ascer

3-1-1- Colocación por capa gruesa:

Este sistema se sigue utilizando gracias a la amplia experiencia lograda a través de los años, como sistema tradicional, muy conocido por los colocadores, aunque sus falencias cada vez sean mas evidentes debido a que no se adecua a los nuevos requerimientos, todavía de utiliza con piezas de mayor porosidad o con piezas cerámicas no tan avanzadas.



Colocación en capa gruesa en revestimientos verticales y horizontales
(Gráficos obtenidos de "Colocación de pavimentos y revestimientos cerámicos" de A. G. Verduch – 1993)

Se utiliza colocando el revestimiento de 15 a 20 mm directamente sobre el soporte, utilizando un mortero tradicional (cemento – de acuerdo a la norma **UNE 80 301 (EN 97)**, cal y arena en dosificaciones variadas), predosificado (con dosificaciones controladas, para evitar errores a pie de obra, con una dosificación mínima de 200 Kg. de cemento por m³ de arena) o cemento aditivado para la preparación del mortero (MC) (con aditivos poliméricos o de otro tipo, líquido o sólido). En suelos se aplica sobre una capa de desolidarización, como una capa de arena de tipo 1, u otro tipo de material⁽²¹⁾.



Preparación de mortero con aditivo líquido polvo

Preparación de mortero con aditivo en

(Guía de productos Sika®)

Con este sistema la fijación se alcanza por anclaje mecánico de los ligantes hidráulicos a la porosidad del soporte y de las piezas. Por esta razón este sistema no es útil en aplicaciones de piezas de bajas porosidades y grandes formatos, siendo recomendable en adherencia de piezas con una porosidad superior al 3%, e inadecuado para la colocación de revestimientos sobre soportes de hormigón⁽²²⁾.

CUARTO BLOQUE

Este sistema está recomendado para su uso en revestimientos verticales y horizontales en interiores y en exteriores donde no exista riesgo de helada y se garantice la estabilidad del soporte. Para que la colocación sea exitosa y duradera, deberá utilizarse solo con los siguientes condicionantes:

- Baldosas de media y alta absorción de agua (grupos **AIIB**, **AIII**, **BIII**) : Barro cocido y baldosín catalán de absorción media-alta, y barro cocido y baldosín catalán de absorción alta.
- Las baldosas que presentan porosidad abierta de mas del 10% deberán ser sumergidas en agua hasta la desaparición de burbujas, previamente a su colocación.
- Superficie texturada o rugosa.
- Formatos que no superen los 30 x 30 cm.
- Impermeabilizar el soporte de colocación y realizar una capa de drenaje para evitar eflorescencias⁽²¹⁾.





Balde de mezcla de mortero para colocación por capa gruesa.

(Guía Weber-Cemarska® 2005)

	Extensión del mortero fresco, reglado y nivelado respecto a las maestras previamente colocadas. Weber & Broutin-Cemarska.		Abundante remojado posterior y reparto del agua para que penetre entre las juntas abiertas y moje bien el lecho de mortero. Weber & Broutin-Cemarska.
	Espolvoreado con cemento portland CEM I ó II/32,5 (RC/97). Weber & Broutin-Cemarska.		Ajuste de la planitud de las baldosas cerámicas mediante repicado. Weber & Broutin-Cemarska.
	Inserción de espaciadores para las juntas de colocación y aplicación de las baldosas. Weber & Broutin-Cemarska.		

Método de colocación de pavimentos en capa gruesa

Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

	Colocación de la pellada de mortero sobre la baldosa cerámica. Weber & Broutin-Cemarska.		Ajuste de la planitud del paño del muro mediante repicado con el mango de la paleta. Weber & Broutin-Cemarska.	
	Aplicación de la baldosa cerámica en el paramento. Weber & Broutin-Cemarska.		Ajuste de la planitud del paño del muro mediante una regla. Weber & Broutin-Cemarska.	

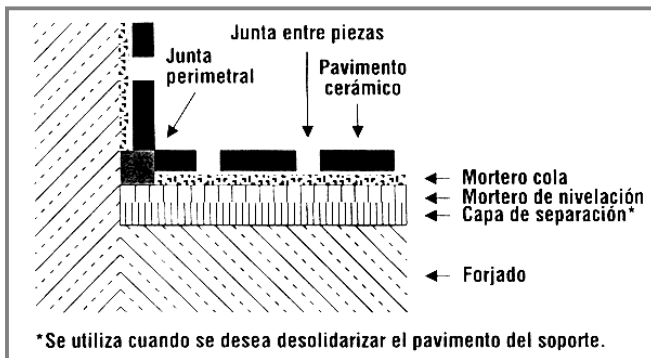
Método de colocación de revestimientos en capa gruesa

Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

Entre sus ventajas podemos destacar la economía, y que permite compensar desniveles para superar los defectos de planeidad acentuados. No necesita una preparación previa del soporte.

3-1-2- Colocación por capa fina

Como se comentó en el capítulo anterior estos sistemas aparecieron conjuntamente con la aparición de los greses que iban reduciendo progresivamente su porosidad, y que ya no respondían al sistema tradicional de anclaje de mortero por medio del sistema por capa gruesa. Además, también aparecen nuevos soportes lo que deja obsoleto el anclaje mecánico de la pieza cerámica y hace necesaria una fijación química de los materiales del soporte y el revestimiento. Por esta razón este sistema reduce también el espesor del material de agarre y es necesario recurrir a una capa de regularización y nivelación del soporte, apareciendo los enfoscados en las paredes, y las bases de morteros en los suelos.



Colocación en capa fina en revestimientos y pavimento
(Gráficos obtenidos de "Colocación de pavimentos y revestimientos cerámicos" de A. G. Verduch – 1993)

Este sistema se adapta a cualquier tipo de baldosa y a cualquier soporte, siempre y cuando se emplee el adhesivo adecuado; y es de fácil utilización. La adherencia lograda es mayor que la que ofrece el sistema de capa gruesa, permite una mayor deformabilidad del soporte, el tiempo de rectificación es alto y viene predosificado evitando posibles errores a pie de obra.

La entrada en vigor de la norma **UNE-EN 12004** permite adecuar la tipología de los materiales de agarre a las características funcionales de las baldosas actuales, bajo la denominación de "Adhesivos para la colocación de baldosas cerámicas".

La adherencia química se produce por la acción química del adhesivo al contactar con el soporte y la pieza cerámica, adecuándose a baldosas de baja y muy baja absorción de agua. La **UNE-EN 12004** establece un valor numérico de adherencia que tiene en cuenta el comportamiento del adhesivo con respecto a la adherencia inicial (endurecimiento a los 28 días en condiciones de laboratorio), adherencia tras inmersión en agua, adherencia tras ciclos de hielo/deshielo y adherencia tras envejecimiento por calor. Las clasificaciones de los adhesivos llevan un código que debe ir bien visible en el etiquetado de los envases, y según la normativa, podemos establecer los siguientes cuadros para una correcta clasificación:

CUARTO BLOQUE

Código	Adhesivo	Definición
<i>c</i>	Adhesivo cementoso	Mezcla de conglomerantes hidráulicos, cargas minerales y aditivos orgánicos que se mezclan con agua
D	Adhesivo en dispersión	Polímeros en dispersión acuosa, aditivos orgánicos y cargas minerales listos para aplicar
R	Adhesivos de resinas reactivas	Mezcla de resinas sintéticas, aditivos orgánicos y cargas minerales cuyo endurecimiento resulta de una reacción química

Fuente: "Manual Técnico" de M. Amoriza Cantero y S. Molinero Redén

Clasificación en función de los componentes:

Ligantes	Definición EN 12004	Código	Denominación actual
Cemento	Adhesivo cementoso	A1	Mortero cola convencional ⁵
Cemento	Adhesivo cementoso	A2	Mortero cola con caseína
Cemento + resina ¹	Adhesivo cementoso	C1	Mortero cola de altas prestaciones ⁵
Cemento + resina ²	Adhesivo cementoso	C2	Mortero cola con ligantes mixtos ⁵
Cemento + resina ³	Adhesivo cementoso ⁴	C2	Mortero cola con ligantes mixtos ⁵
Resina	Adhesivo en dispersión	D	Pasta adhesiva
Resina + endurecedor	Adhesivos de resinas de reacción	R	Adhesivos de resinas de reacción
Resina y/o cemento	Material de imprimación	I	Imprimaciones

¹: Resina en polvo baja proporción ($\leq 2\%$)

²: Resina en polvo alta proporción ($>2\%$)

³: Resina en líquido

⁴: Con componentes separados

⁵: Todos los adhesivos pueden estar disponibles en versión de endurecimiento rápido.

Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

En función exclusivamente de la absorción de la baldosa, la clasificación quedaría de la siguiente manera:

Absorción de agua de la baldosa cerámica	Tipo de adhesivo
$> 3\%$	A1 / A2 / C1 / C2 / D / R
Entre 1 % y 3 %	C1 / C2 / D / R
$< 1\%$	C2 / D / R

Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998

La Normativa establece también otra serie de códigos que deben aparecer visibles en el etiquetado de los adhesivos:

Código	Características	Definición
E	Tiempo abierto ampliado	Tiempo máximo en que el adhesivo garantiza su total potencial. El tiempo abierto ampliado es recomendado para exteriores, altas temperaturas, viento, etc.
F	Fraguado rápido	Permite una utilización inmediata del recubrimiento tras su colocación. Para centros de uso público.
T	Deslizamiento reducido	Es el movimiento vertical descendente de la baldosa colocada en paramentos. Cuando este es casi nulo, posee la propiedad de deslizamiento reducido.
S1 / S2	Deformabilidad	Capacidad del adhesivo endurecido de soportar las tensiones provocadas entre la baldosa y el soporte sin perder la capacidad de adherencia. S1: de 2,5 a 5 mm de flexión, S2: igual o superior a 5 mm de flexión. Si es inferior a 2,5 mm el adhesivo no es deformable.



Colocación de las baldosas

Las baldosas deben colocarse juntas y regulares, cuya anchura depende del tipo y formato de la baldosa, del uso y esfuerzo previsible al que va a ser sometida la instalación y cuyas dimensiones se encuentran normalmente en el intervalo de 1,5 a 15 mm. A medida que avanza la colocación y antes del fraguado del adhesivo, se recomienda levantar algunas baldosas al azar para verificar si se está



consiguiendo la superficie de contacto requerida. Se debe eliminar el adhesivo sobrante de las juntas y de la cara de las baldosas antes del endurecimiento del adhesivo, y sin mover las piezas. Antes de llenar las juntas, se deben tomar las precauciones adecuadas para proteger el acabado cerámico recién instalado, de las inclemencias del tiempo, la helada y el secado prematuro.

Weber & Broutin-Cemarka

Colocación en capa fina

Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas" Instituto de Promoción Cerámica, Castellón, 1998



Método del simple encolado

Extensión del adhesivo con la llana dentada adecuada al tipo y formato de la baldosa cerámica y al tipo de material de agarre. En todos los casos hay que respetar las instrucciones del fabricante del material de agarre.

Weber & Broutin-Cemarka



Las baldosas cerámicas se colocan sobre la capa de adhesivo mediante un movimiento de deslizamiento reversible que aplasta los cordones del adhesivo, permite la salida del aire y propicia un mejor y más completo contacto con la baldosa cerámica, mejorando la capacidad humectante. También puede aplicarse por presión o golpes con una maza de goma. Es el método de colocación denominado Floated method en el DOC. 53 CEN/TC67/WG4.

Weber & Broutin-Cemarka



Método del doble encolado

Por una parte, el adhesivo se extiende sobre la superficie de colocación y se peina con la llana dentada y, por otra, el adhesivo se extiende por el revés de la baldosa con la paleta o paletín, o el lado recto de la llana dentada.

El espesor final del adhesivo no debe exceder el espesor máximo recomendado. Las baldosas cerámicas se colocan antes de la formación de una película seca en la superficie del adhesivo. Es el denominado método del doble.

Weber & Broutin-Cemarka

Los adhesivos utilizados en este sistema son los adhesivos cementosos o morteros cola, las pastas adhesivas, y los adhesivos de resinas de reacción. Según normativa, se consideran los siguientes tipos⁽³⁾:

A- Adhesivos cementosos (morteros cola): Son los adhesivos hidráulicos o cementosos prefabricados, conformados por un ligante hidráulico (cemento Pórtland), arena de granulometría compensada y aditivos poliméricos y orgánicos.



Ejemplos de aplicaciones de mortero cola convencional sobre muro de ladrillo cerámico y suelo a base de cemento

(Guía Weber-Cemarksa@ 2005)

- Mortero cola convencional (A1): Para aplicaciones en interior. Presenta un adherencia media, baja deformabilidad y alta resistencia al contacto del agua.
- Mortero cola especial yeso con caseína (A2): contiene aditivos especiales para uso en soportes de yeso. Evitan la formación de etringita, compuesto expansivo generado por la reacción de los silicatos del cemento y el yeso en presencia de humedad. Presenta adherencia media y baja deformabilidad.
- Mortero cola de altas prestaciones (C1): Según **EN 12004** el valor de adherencia a tracción debe ser $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ y tiene mayor adherencia que el mortero cola convencional. Indicado en aplicaciones interiores, pavimentos exteriores y aplicaciones en inmersión en agua. Pueden estar aditivadas hasta con un 2% de resinas termoplásticas redispersables. Presenta adherencia media/alta, deformabilidad media y alta resistencia al contacto del agua.
- Mortero cola de ligantes mixtos (con aditivo polimérico) (C2): Según **EN 12004** el valor de adherencia a tracción debe ser $\geq 1,0 \text{ N/mm}^2$, presenta mayores prestaciones que los morteros **C1** y en su formulación se encuentra mayor contenido de resinas poliméricas (látex). Están compuestos por áridos (silíceos, calcáreos), y dos ligantes principales: cemento (30 / 40 %) y resina en dispersión (fracción líquida) o en polvo redispersable (polvo monocomponente) en una cantidad de 5 % (en seco). El cemento se encarga de la resistencia mecánica mientras que la resina aporta adherencia y deformabilidad. Son indicadas para aplicaciones de mayor exigencia de adherencia, deformabilidad, resistencia a la intemperie, etc. Presenta adherencia y deformabilidad altas, y resistencia media/alta al contacto del agua.

Pueden presentarse en tres formas:

- De 2 componentes: polvo y resina líquida diluida (se mezclan en el momento de su utilización)
- De 2 componentes: polvo y resina líquida predosificada (se mezclan los 2 componentes con agua, en el momento de su utilización)
- 1 componente en polvo que incluye la resina (se mezcla con agua en el momento de su utilización).

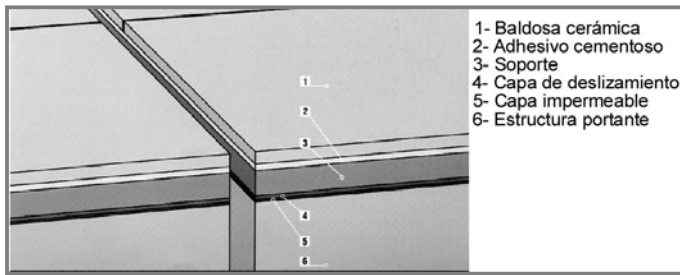


Mortero cola de uno y dos componentes
(Guía de productos Sika®)

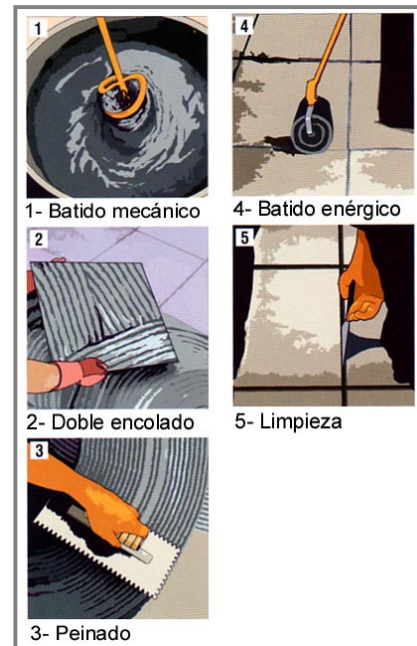
La normativa **UNE_EN 12004** establece, según estas clasificaciones los siguientes códigos:

Código	Adecuación
C1 (adhesivo cementoso normal)	Pavimentos de bajo tránsito y revestimientos de interior y soleras estables
C1F (adhesivo cementoso normal de fraguado rápido)	Trabajos en espacios interiores con soportes estables y baldosas de de media y alta absorción de agua.
C1T (adhesivo cementoso normal con deslizamiento reducido)	Revestimientos interiores. Útil para formatos medios y grandes.
C1FT (adhesivo cementoso normal de fraguado rápido y deslizamiento reducido)	Pavimentos de rápida puesta en servicio y baldosas no esmaltadas. Paramentos.
C2 (adhesivo cementoso mejorado)	Exteriores y pavimentos interiores con tránsito elevado de personas.
C2E (adhesivo cementoso mejorado con tiempo abierto ampliado)	Pavimentos y revestimientos exteriores en condiciones desfavorables. También en interiores.
C2F (adhesivo cementoso mejorado y de fraguado rápido)	Espacios exteriores e interiores de alto tránsito de actuación rápida y rápida puesta en servicio.
C2T (adhesivo cementoso mejorado y con deslizamiento reducido)	Fachadas exteriores, y formatos superiores a 40 x 40 cm en revestimientos interiores.
C2TE (adhesivo cementoso mejorado con deslizamiento reducido y tiempo abierto ampliado)	Revestimientos exteriores y fachadas, en zonas cálidas y secas (temperaturas superiores a 25º C de humedad inferior al 50%). Útil para grandes formatos.
C2FT (adhesivo cementoso mejorado de fraguado rápido y deslizamiento reducido)	Revestimientos exteriores de elevada absorción de agua y formatos superiores a 35 x 35 cm.
C2FT (adhesivo cementoso mejorado de fraguado rápido con deslizamiento reducido y tiempo abierto ampliado)	Espacios interiores con alto tránsito y exteriores donde se requieren las mayores prestaciones técnicas.

Fuente: Amoriza Cantero, Maribel / Molinero Redén, Sebastián: **Manual Técnico, aplicación de pavimentos y revestimientos** – AZ Publicaciones (2ª edición), España, 2005



Colocación de porcelánico en suelos. Se aconseja el uso de cementos cola con ligantes mixtos del tipo C2. (TAU cerámica)



- **Los aditivos:**

Si bien es cierto que en la colocación de las baldosas siempre es necesario incluir capas intermedias para mejorar los resultados y sortear dificultades que puedan afectar a la durabilidad del revestimiento (nivelación del soporte, capas de compresión, capas de drenaje, soleras de compresión, reparto de cargas, etc.), también es cierto que los aditivos para hormigones y morteros aportan características especiales, mejoran sus prestaciones, abaratan costes y ahorran tiempo y material, a la vez que mejoran sus características técnicas y sus propiedades mecánicas.

Según la Norma **UNE 83-200/84** aditivos son aquellas sustancias o productos incorporados al hormigón, mortero o pasta antes o durante el amasado y/o durante un amasado suplementario en una proporción no superior al 5% del peso de cemento, que producen la modificación deseada en dicho hormigón, mortero o pasta en estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, propiedades habituales o de su comportamiento.

Durante los últimos años, la normativa se ha ampliado, incluyendo nuevas y mas completas clasificaciones de los aditivos.

Los aditivos pueden clasificarse según modifiquen o mejoren alguna de las propiedades del hormigón o mortero, y dentro de los que modifican, podemos encontrar:

- Modificadores de la reología
- Modificadores del fraguado y endurecimiento
- Modificadores del contenido en aire
- Mejoradores de la resistencia o acciones físico-químicas

Algunas ventajas del uso de aditivos:

- Puesta en obra más rápida
- Mayor bombeabilidad
- Posibilidad de trabajar el hormigón en condiciones climatológicas adversas
- Cumplir requisitos especiales de durabilidad
- Cumplir con exigencias de resistencias elevadas
- Reducir defectos tradicionales
- Posibilidad de controlar el fraguado
- Reducir y asegurar los plazos de ejecución de obra
- Ahorro de cemento y mano de obra

Los más utilizados en colocación de baldosas cerámicas, son los siguientes:

- Reductores de agua

- Superfluidificantes
- Acelerantes de fraguado
- Retardadores del fraguado
- Aceleradores de endurecimiento
- Hidrófugos
- Aditivos polifuncionales



Mejorador de adherencia Sika® Látex

B- Adhesivos de dispersión (Pastas adhesivas) (D): Este grupo de adhesivos son los que están compuestos por un ligante a base de resina copolimérica en dispersión acuosa (13 – 20 %), cargas minerales (60 – 70 % de arena silíceo o calcárea) y diversos agentes (5 – 10 %): reológicos (espesantes, fibras, tixotrópicos), coalescentes (regulación del endurecimiento de la resina) y materiales de conservación para el bidón (funguicidas y bactericidas). Se presentan como una pasta y ya vienen listos para el uso; solo deben ser removidos para su perfecta homogenización. Según la **EN 12004** el valor de adherencia a cizalladura debe ser $\geq 1 \text{ N/mm}^2$. Presentan una alta adherencia, deformabilidad muy alta, y baja resistencia al contacto del agua, lo que los hace inadecuados para baños y cocinas y sitios expuestos a la humedad. Son aptos para uso en interiores y se adaptan a soportes diversos: enfoscados, hormigón, yeso, madera, tabiques de cartón yeso, etc. Actualmente están apareciendo en mercado productos mejorados que los hacen aptos para su uso en exteriores.

La normativa los clasifica de la siguiente manera:

Código	Adecuación
D1: Normal	Revestimientos interiores sobre soportes prefabricados y con formatos inferiores a 35 x 35 cm
D1T: Normal con deslizamiento reducido	Revestimientos de formatos de tamaño medio
D2: Mejorado	Para espacios próximos a pantallas de calefacción o entrada directa de luz solar. Mejora el comportamiento en ambientes húmedos.
D2T: Mejorado con deslizamiento reducido	Revestimientos interiores de baja porosidad
D2TE: Mejorado con deslizamiento reducido y tiempo abierto ampliado	Revestimientos exteriores

Fuente: Amoriza Cantero, Maribel / Molinero Redén, Sebastián: **Manual Técnico, aplicación de pavimentos y revestimientos** – AZ Publicaciones (2ª edición), España, 2005



Utilización del adhesivo en dispersión sobre soporte de alicatado antiguo (guía de productos Sika®)

C- Adhesivos de resinas de reacción (R): Están conformados por una resina de reacción (epoxi o poliuretano), un endurecedor (poliaminas o polisocianato) y cargas minerales (arena silíceas). El endurecimiento es producido por reacción química y viene presentado en los 2 componentes. Según **EN 12004** el valor de adherencia a cizalladura debe ser $\geq 2 \text{ N/mm}^2$. Se utiliza en pavimentos y revestimientos interiores y exteriores, su adherencia y su resistencia al contacto del agua son muy altas. Son aptas para todo tipo de cerámicas, su resistencia mecánica es muy alta y posee un módulo de elasticidad bastante bajo (buena deformabilidad). No hay contracciones, ya que no hay evaporación de disolventes ni de agua. Se utilizan sobre soportes muy deformables o para aportar estanqueidad en paredes de locales muy húmedos.

Código	Adecuación
R1: Normal	Pavimentos y revestimientos aplicados sobre superficies cerámicas, terrazo, piedras o madera, en espacios interiores y exteriores
R1T: Normal con deslizamiento reducido	Para formatos superiores a 35 x 35 cm
R2: Mejorado	Prestaciones como el grupo R1 con mayor resistencia al choque térmico
R2T: Mejorado con deslizamiento reducido	Prestaciones como el grupo R1T pero más adecuado para espacios exteriores de gran variabilidad ambiental

Fuente: Amoriza Cantero, Maribel / Molinero Redén, Sebastián: **Manual Técnico, aplicación de pavimentos y revestimientos** – AZ Publicaciones (2ª edición), España, 2005



Campos de aplicación de las resinas de reacción (Guía Weber-Cemarsa © 2005)

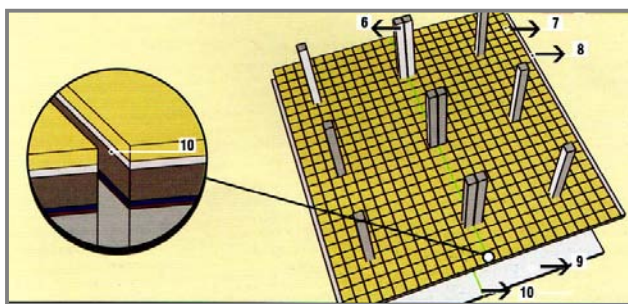
3-1-3- Las juntas:

Son las zonas de interrupción de los pavimentos y revestimientos cerámicos y tienen una importancia funcional fundamental. Debe valorarse su

correcta ejecución durante los trabajos de alicatados, puesto que son las responsables de muchas patologías producidas en los revestimientos y pavimentos. Existen dos grandes grupos de juntas: las de movimiento y las de colocación.

- **Juntas de movimiento:** Soportan las variaciones dimensionales y tensiones propias del soporte y de las baldosas. Se trata de las **juntas estructurales, perimetrales e intermedias** (o de partición) ⁽²³⁾:

- Juntas estructurales: Cuando exista una junta estructural (del soporte), el alicatado debe respetar dicha junta, haciéndola coincidente con ésta, a lo largo y en su anchura e interrumpiendo las capas intermedias de desolidarización en caso de existir. Normalmente se rellenan con materiales de elasticidad duradera, como perfiles o cubrecantos de plástico o metal, másticos, etc.)

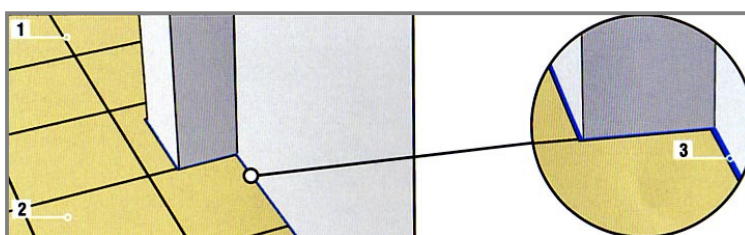


- 6. Pilares estructurales
- 7. Pavimento cerámico
- 8. Segundo piso
- 9. Primer piso
- 10. **Junta estructural**

TAU® Cerámica

- Juntas perimetrales: Son las juntas que deben dejarse en los límites de las superficies horizontales con elementos que alteren su horizontalidad, o cuando exista un cambio de continuidad de material de recubrimiento. En encuentros, de paredes, pilares, cambios de nivel, encuentros del recubrimiento cerámico con otro material y cuando el recubrimiento cerámico se aplica sobre soportes contiguos de distinta naturaleza. La anchura debe ser continua, y nunca será menor de 5 mm y se aplican en espacios que superen los 7 m². Evitan que tanto el material cerámico como el adhesivo tengan contacto con dichos materiales para prevenir la acumulación de tensiones.

Pueden llegar hasta el soporte, salvo que éste ya esté revestido de un material maduro y estable (yeso, enlucido, etc.) Los materiales usados deben ser compresibles: poliestireno expandido, silicona, etc. y pueden quedar ocultas por un rodapié.

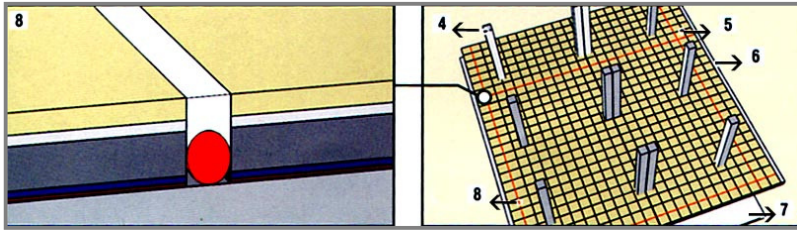


- 1. Pilar
- 2. Pavimento cerámico
- 3. **Junta perimetral**

TAU® Cerámica

- Juntas intermedias o de partición: En grandes superficies de embaldosados, deberá hacerse una subdivisión modular de paños delimitados con juntas intermedias de 5 mm, continuas al adhesivo y

al mortero de base, para evitar la acumulación de dilataciones y contracciones. Pueden rellenarse con perfiles o materiales elásticos. La superficie de los paños divididos por estas juntas serán de 40 m² en interiores, y de 10 a 25 m² en exteriores.



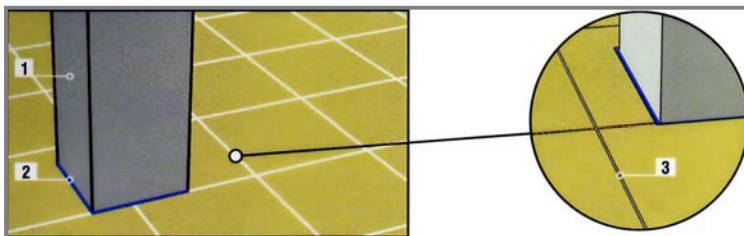
4. Pilares estructurales
5. Pavimento cerámico
6. Segundo piso
7. Primer piso
8. **Junta de dilatación** (de partición)

TAU® Cerámica

- **Juntas de colocación:** Es la junta que se producen entre dos baldosas contiguas. El ancho de estas juntas depende del material cerámico, el tipo de espacio, y el uso que se le dé. En espacios interiores no podrán ser menores de 1,5 mm y de 5 mm en exteriores. Cumplen 2 funciones⁽²³⁾:

-**Función técnica:** Tienen la función de disminuir las tensiones y movimientos del recubrimiento, mejorar la adherencia global de la baldosa, e impedir el paso de agua al soporte. Reciben las mismas agresiones que la baldosa, de modo que si existiera agresión química, el material de rejuntado debe ser resistente a éste. Durante la obra, el recubrimiento se verá sometido a las tensiones originadas por los movimientos diferenciales originados entre el soporte y el recubrimiento cerámico, como también movimientos propios del mismo recubrimiento, producidos por las retracciones del secado, cambios de temperatura, y humedad, todos ellos absorbidos por las juntas, que evitan que estos movimientos afecten a las baldosas.

- **Función estética:** Aportan elementos de decoración de acuerdo a su anchura, color, y acabado.



1. Pilar estructural
2. Junta perimetral
3. **Junta de colocación**

TAU®
Cerámica

Materiales para Juntas:

Los materiales utilizados en **juntas de colocación**, preparados en obra, se utilizan para suelos y paredes, tanto interiores como exteriores, y son compatibles a todo tipo de baldosa. No son apropiadas para superficies sometidas a limpiezas frecuentes con productos agresivos, locales de uso alimentario ni sanitario.

La Normativa **UNE-EN 13888**, de reciente aparición, regla y clasifica los materiales de rejuntado de acuerdo a su composición y función⁽²⁴⁾:

- **Mortero de juntas cementoso (CG):** Compuestos por conglomerantes hidráulicos, cargas minerales, aditivos orgánicos y en ocasiones pigmentos para aportar coloración a la junta. Solo se necesita mezclarlo agua o adición líquida justo antes de su utilización. Según **la UNE-EN 13888** (al igual que la **UNE-EN 12004**) se dividen en dos clases:

1. Mortero de juntas cementoso **normal**
2. Mortero de juntas cementoso **mejorado**

Pero esta normativa incorpora también dos clasificaciones:

W: Absorción de agua reducida

Ar: Resistencia a la abrasión elevada.

Se comercializa bajo dos formas: una para juntas finas, y otra para juntas gruesas (esta diferencia no está normada).

Designación		Mortero de juntas cementoso
Tipo	Clase	
CG	1	Normal. Para trabajos en interior
CG	2W	Mejorado con absorción de agua reducido. Para interiores con presencia de humedad
CG	2Ar	Mejorado con alta resistencia a la abrasión. Para interiores sometidos a tránsito alto
CG	2ArW	Mejorado con alta resistencia a la abrasión y absorción de agua reducidos. Para exteriores e interiores sometidos a tránsito alto o a posibles agresiones químicas.

Fuente: "Manual técnico" M. Armoriza Cantero/S. Molinero Redén y Apuntes de ANFAPA (Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales)

En el siguiente cuadro se establece un criterio para que la selección del material de rejuntado sea el apropiado al uso final⁽²⁴⁾:

		Interiores	Exteriores
Suelos	Tráfico peatonal leve/medio	CG1	CG2W
	Tráfico peatonal intenso/muy intenso Tráfico rodado	CGAr	CG2ArW
Paramentos		CG1	CG2W

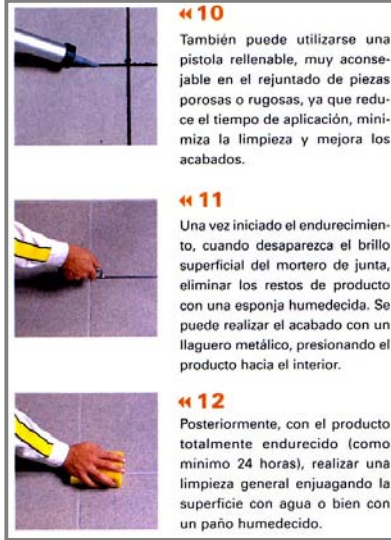
En usos alimentarios, sanitarios y de agresividad química, seleccione **RG.

Apuntes de ANFAPA (Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales)

De acuerdo a la composición de estos, podemos encontrar actualmente en mercado⁽³⁾:

- **Lechada de cemento Pórtland (JC):** Utilizado en una proporción de cemento Pórtland en dosificación de 900Kg/m³ de agua. Es aconsejable en colocaciones "sin junta" (juntas menores a 3mm). Es útil en zonas poco exigidas, como espacios interiores sin ninguna solicitud adicional, y no se aconseja su uso en zonas higiénicas o de limpieza frecuente (baños, cocinas, etc.). En colocación sin junta se compone de cemento blanco o gris, dosificado a 900 Kg x m³ de agua. En colocación con junta se añade arena de grano menor a 0,08 mm en proporciones cemento/arena: 1:2 para juntas menores a 15 mm y 1:3 para juntas igual o mayor a 15 mm.
- **Mortero de juntas (J1):** Son morteros predosificados compuestos por cemento, arena de granulometría controlada, resinas sintéticas y aditivos específicos, pudiendo llevar pigmentos que añadan coloración. Se preparan añadiendo agua de acuerdo al fabricante, hasta conseguir una pasta homogénea y espesa. Suele comercializarse en dos versiones: uno para juntas finas y otro para juntas anchas. Se aplica en paramentos interiores y en pavimentos interiores y exteriores, son compatibles a todo tipo de baldosas, y no es recomendable para recubrimientos sobre soportes deformables, fachadas, locales de tráfico pesado, pavimentos calefaccionados, locales sometidos a limpieza frecuente con productos abrasivos, ni locales de uso alimentario y sanitario.

- **Mortero de juntas con aditivo polimérico (J2):** Conocido también como mortero de juntas deformable, o mortero de juntas de cemento-látex. Incorporan un aditivo polimérico (o látex), que puede venir añadido en su composición, o bien, venir por separado para ser agregado al agua de amasado. Este aditivo aporta flexibilidad y deformabilidad, resistencia a la humedad (menor porosidad), resistencia a la abrasión, y mejora la adherencia a materiales poco absorbentes. Se utiliza en fachadas, recubrimientos sobre soportes deformables (madera, suelos calefaccionados, etc.), pavimentos sometidos a tráfico pesado, y locales con presencia permanente de agua. No se aconseja en superficies sometidos a limpieza frecuente con productos agresivos, ni en locales uso alimentario y sanitario.



Lecha da de cemento
Catálogo de productos Optiroc®

Formas de aplicación de morteros para juntas de colocación: con llana y con pistola
(Guía Weber-Cemarksa® 2005)

- **Mortero de resinas de reacción (RG):** Están compuestos por resinas sintéticas (**resinas epoxi**), un endurecedor de compuestos orgánicos, y cargas minerales (normalmente arena de sílice), y su endurecimiento se produce por una reacción química. Se comercializan en forma de uno o más componentes que se mezclan en el momento de su uso. Posee propiedades como una alta resistencia química, bacteriológica, a la humedad (es altamente impermeable, para juntas totalmente estancas), a la abrasión y posee una elevada adherencia. Está indicado para locales que requieren de asepsia, alta resistencia química y alta resistencia a la humedad, así también como para los locales donde se producirá un tráfico pesado.



Colocación de mortero en base a resinas epoxi de dos componentes por medio de pistola.

(Guía Weber-Cemarksa® 2005)

En el siguiente cuadro se hace una sugerencia de uso de materiales de rejuntado de acuerdo a la utilización del local:

	Ambiente	Material de rejuntado	Observaciones
Pavimentos	Interior	<i>JC - J1</i>	J1: en locales húmedos
		J1 - J2	J2: en locales con agua persistente
		J2 - JR	JR: en locales de uso alimentario, sanitarios y de agresividad química
	Exterior	J1 - J2	JR: en zonas de heladas o cambios bruscos de temperaturas
J2 - JR		J2: en locales de uso alimentario, sanitarios y de agresividad química	
Paramentos	Interior	JC - J1	J1: en locales húmedos
		J2 - JR	JR: en locales de uso alimentario, sanitarios y de agresividad química
	Exterior	J2 - JR	JR: en locales de uso alimentario, sanitarios y de agresividad química

En soportes deformables o sujetos a movimientos importantes, se recomienda utilizar material de rejuntado con mayor deformabilidad (J2), salvo en usos alimentarios, sanitarios o de agresividad química en los que inevitablemente debe utilizarse el material JR; además, debe aumentarse el ancho de las juntas.

Fuente: Guía de la Baldosa Cerámica, editada por ASCER

Para las **juntas de movimiento**, los materiales mas utilizados son materiales de elasticidad duradera y compresibles, como perfiles o cubrecantos de plástico o metal, materiales másticos, poliestireno expandido, silicona, etc. Actualmente, también podemos encontrar en el mercado materiales prefabricados para colocación de juntas de movimiento (y capas de desolidarización que sirven también para el drenaje), que facilitan la colocación y la puesta en obra, ahorrando el tiempo del preparado de las mezclas, y a la vez, ejecutar las tareas con mayos limpieza. Algunos ejemplos de la firma Schlüter, que ofrece también soluciones para suelos con calefacción radiante⁽²⁵⁾:



Junta de movimiento estructural: perfiles de sujeción laterales de latón, aluminio o acero inoxidable, que están unidos con una zona de movimiento de 20 ó 30 mm. de ancho de caucho sintético blando.



Junta perimetral: perfil de dos elementos de plástico duro/blando con una unión de ranura y resorte para juntas límite como unión de suelo, pared, o bien, zócalos.

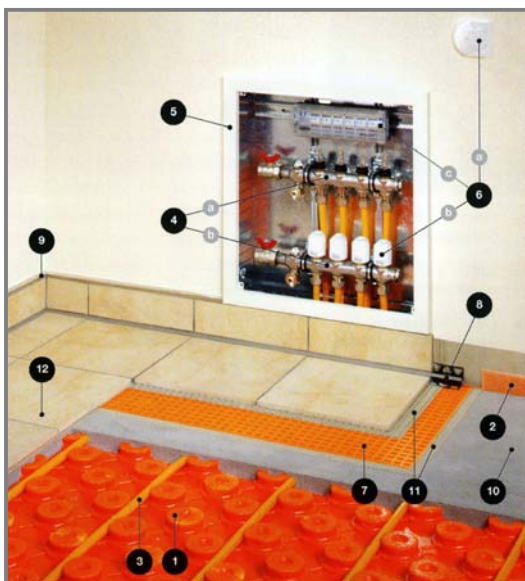


Junta de partición: perfil de juntas de movimiento con elementos laterales de plástico duro. La zona de movimiento superior es de CPE blando de 5 mm. (Ejemplo con materiales de desolidarización: prefabricados por la misma firma: capa de drenaje)



Junta de partición para recubrimientos aplicados con morteros en capa gruesa: junta de movimiento con paredes laterales dentadas de PVC duro y una zona de dilatación entre las paredes laterales de PVC blando para la colocación con mortero en capa gruesa.

Suelo con calefacción radiante ofrecido al mercado por la firma Shlüter:



- 1-Shlüter-BEKOTEC-EN: Placa de pavimento con nódulos
- 2- Shlüter-BEKOTEC-BRS: Banda perimetral
- 3-Shlüter-BEKOTEC-THERM-HR: Tubo de calefacción
- 4-Shlüter-BEKOTEC-THERM-HV: Distribuidor del circuito de calefacción de acero inoxidable con accesorios de conexión: a) Circuito inicial, b) Retorno
- 5-Shlüter-BEKOTEC-THERM-VS: Armario de distribución
- 6-Shlüter-BEKOTEC-THERM-E: Regulación electrónica a) Termostato, b) Accionamiento regulador, c) Módulo de control
- 7-Shlüter-DITRA: desolidarización y distribución del calor
- 8-Shlüter-DILEX: Perfiles de juntas perimetrales y dilatación
- 9-Shlüter-RONDDEC: Perfiles decorativos de remate para zócalos y paredes
- 10- Pavimento recreado de mortero de cemento o anhidrita
- 11- Adhesivo a base de cemento
- 12- Recubrimiento de cerámica

3-1-4- Colocación en fachadas:

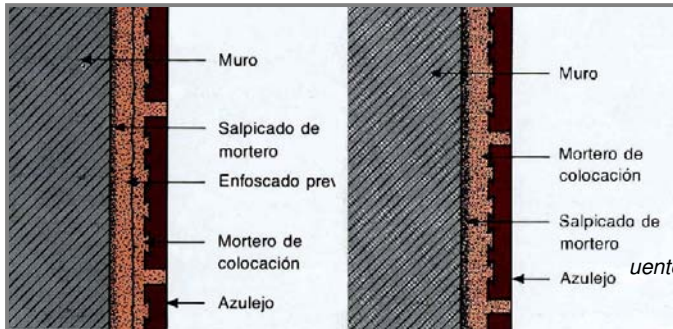
La colocación de cerámicos en fachadas se remonta a más de 2000 años antes de Cristo, pero cuando aparecieron las piezas de menor porosidad, los adhesivos no se adaptaban a estas y se fue relegando al uso en interiores por defectos de adherencia. Actualmente el mercado ha desarrollado una serie de productos que mejoran la adherencia química de las piezas y ofrecen soluciones a los problemas que afectan a la funcionalidad de los muros exteriores, o fachadas.

La pared exterior es la responsable de separar el exterior del interior, es la barrera arquitectónica que actúa de freno y filtro selectivo, que controla fuerzas y situaciones que producen conflictos. El recubrimiento que se elija para ella deberá adecuarse a estos requerimientos, acompañando al muro que protege en su labor ⁽²¹⁾.

Los muros exteriores deben estar preparados para:

- Resistir los esfuerzos de resistencia al viento y a la fuerza sísmica.

- Frenar las filtraciones de la humedad, las lluvias, y regular las migraciones de agua, controlando la condensación.
- Controlar la dispersión del calor exterior/interior y controlar los movimientos originados por las oscilaciones térmicas.
- Funcionar como freno acústico.
- Presentar resistencia al fuego, y pantalla de contención.
- Ofrecer una relación visual exterior/interior: vistas, paso de la iluminación solar y de aire



Dos formas diferentes de alicatar baldosas en exteriores: con y sin enfoscado previo. Pero siempre es recomendable un salpicado de mortero antes de efectuar la colocación.

F
 Fuente: "Guía Electrónica de la Tecnología de Colocación de baldosas Cerámicas"
 Instituto de Promoción Cerámica,
 Castellón, 1998

La selección de un revestimiento cerámico:

El recubrimiento cerámico es indicado en el aplacado de fachados debido a las prestaciones técnicas, decorativas y funcionales que ofrece. Claro, que a pesar de que en el mercado existen numerosos tipos de piezas cerámicas, no todas se adecuan a los sistemas de fijación ni a las exigencias que ofrece una fachada.

Para la selección de un material cerámico que ha de ser colocado en una fachada por adherencia directa, han de tenerse en cuenta los siguientes requisitos⁽²⁶⁾:

- Medidas: desde 25 x 25 mm (en mosaicos) hasta 800 x 1200 mm y 900 x 900 mm en piezas porcelánicas.
- Absorción de agua: debe ser de hasta el 3 % en climas fríos con posibilidades de helada, y de menos del 6 % en todos los demás climas. Los porcelánicos (de hasta un 0,05 % de absorción de agua) son la piezas más requeridas para revestimientos de fachadas por su resistencia, su estética y su baja porosidad. Pero su baja porosidad hace que los adhesivos a base de cemento Pórtland no ofrezcan una adherencia adecuada, dado que estos adhesivos trabajan creando una unión mecánica de la pieza al soporte, por lo que lo indicado para la colocación duradera del porcelánico, son las pastas con aditivos en base a látex, resinas epoxídicas, o siliconas estructurales, que crean una unión química y aportan la flexibilidad requerida en una fachada.
- El impacto térmico y expansión/contracción térmica: Decisivo en cuanto a la selección del material cerámico, el adhesivo y las juntas, que aportan al proyectista los datos para calcular la compatibilidad de todos estos elementos con el material de soporte, calcular los diferenciales del movimiento, y determinar las juntas de movimiento.

- Resistencia al hielo: Mide la resistencia de la placa cerámica a la acción expansiva del agua congelada. Depende de la porosidad de la baldosa y del tamaño de sus poros.
- Resistencia a la rotura: Se mide durante la manipulación de las piezas durante su colocación y posteriormente, cuando ya está totalmente fijado.
- Expansión por humedad: Está directamente relacionado a la absorción de agua, cuanto menor sea la absorción, mayor será la resistencia a la humedad. Es un factor importante, porque el proceso de expansión es irreversible.
- Resistencia química: Mide el deterioro del azulejo provocado por agentes externos, y por la penetración de algún agente químico desde el soporte. Determina la resistencia al deterioro provocado por la contaminación atmosférica y a los productos químicos usados para su limpieza.



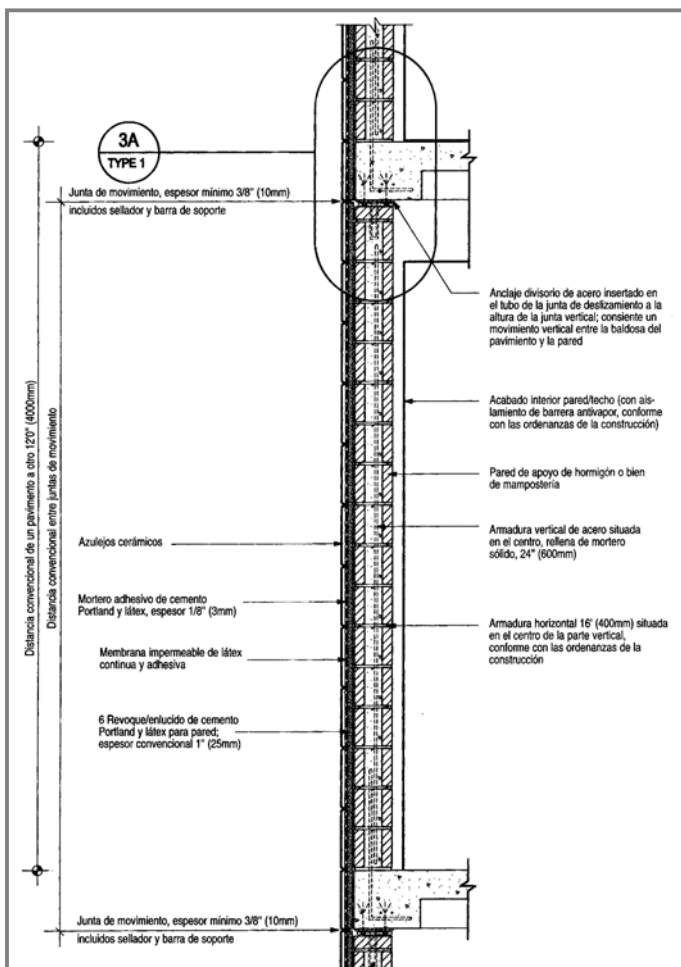
(Guía Weber-Cemarsa © 2005)

Tipos de adhesivos aconsejables:

- **Mortero convencional:** Es el que ha sido utilizado tradicionalmente en fachadas hasta la aparición del látex, los aditivos poliméricos y las resinas epoxi. Posee una buena resistencia al agua, pero es frágil y tiene una fuerza de adherencia baja, solo útil en piezas porosas y absorbentes. Su trabajabilidad, de por sí baja, disminuye más aún si se lo utiliza en sistemas de capa fina. El proceso de adherencia que logra es mecánico, por lo cual sirve cuando el reverso del azulejo presenta acanaladuras y el mortero se ancla entre el revestimiento y el soporte.
- **Mortero de cemento en dispersión o con aditivos poliméricos** (mortero cola con ligantes mixtos): Los polímeros añadidos son celulosa modificada, acetato de polivinilo en polvo (PVA), acetato de vinilo copolímero en polvo (EVA) o poliácrlato en polvo. Estos polímeros no ofrecen una gran resistencia al agua, por lo cual, si van a ser usado en exteriores, el fabricante debe indicar si están adaptados o no a los requerimientos de su uso en exteriores.
 - Adhesivo de cemento modificado con látex (polímero líquido): Se trata de un material adecuado para adherir placas cerámicas a la fachada, además de económico, aunque también debe verificarse su eficacia con el fabricante, por cuanto el tipo y cantidad de polímeros y

otros agentes químicos determinan si el producto es el idóneo.

- **Adhesivos a base de resinas epoxídicas:** Estos adhesivos presentan un poder de adherencia excepcional (resistencia al cizallamiento y a la tracción), se adaptan a la mayoría de los materiales del soporte, y una buena flexibilidad para adaptarse al movimiento diferencial. La desventaja radica en su mayor coste. Estas resinas son ideales para colocar revestimientos en paredes con cámara de aire intermedia.
- **Adhesivos a base de silicona estructural:** La silicona es un producto de alto poder adhesivo, resistente a los rayos ultravioletas sin que su exposición a ellos le haga perder su flexibilidad y consistencia, ni aún bajo condiciones extremas. Estas características la hacen propicia para el uso en revestimiento de fachadas.



Sección de pared: Pared de barrera – Pared de apoyo en mampostería de hormigón con membrana. (de acuerdo con la normativa norteamericana ANSI/A108/A118/A136.1 publicada por el Consejo Cerámico de Norteamérica – TCNA Inc.)

Fuente: "Revestimientos exteriores con adherencia directa de azulejos cerámicos, piedra y ladrillos cara vista" de Richard P. Goldberg – Laticrete® International Inc. 1998.

Las juntas:

Las juntas son fundamentales en la colocación del revestimiento ya que deberán absorber todos los movimientos del revestimiento a la vez de presentar un punto por el cual pueden producirse filtraciones al soporte. Una mala colocación de juntas, o una deficiente elección del material de rejuntado puede poner en riesgo todo el revestimiento. La medida de las juntas debe mantenerse dentro de los siguientes límites de anchura:

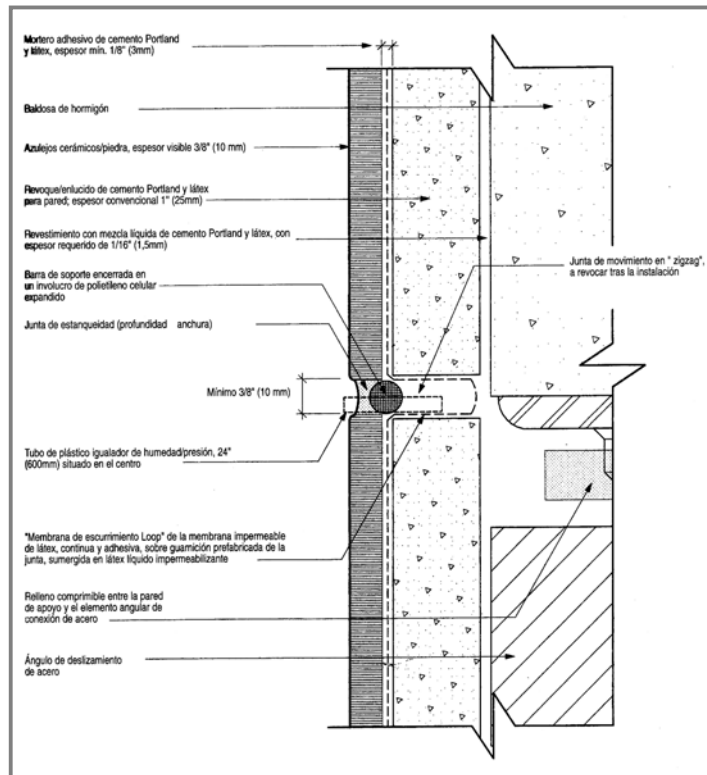
2-8 mm para piezas cerámicas del grupo II y III con > 3 % de absorción

10 mm para porcelánicos del grupo I con absorción < al 3 %

Materiales para juntas:

- **Lechada de cemento convencional – lechada de cemento modificado con polímero:** estos dos materiales no son adecuados para su uso en juntas de fachadas, porque son permeables y pueden producir manchas por contaminación del agua del amasado. Además, su baja resistencia a los cambios de temperatura, puede ocasionar microgrietas en ella.
- **Lechada de cemento y látex:** Existen en mercado formulaciones de este tipo para el proceso de rejuntado, pero la que se utilizará en fachadas, deberá estar formulada específicamente para ellos e indicado por el fabricante.
- **Lechada con emulsión de resina epoxídica:** Este material de bajísima capacidad de absorción, usado en juntas de materiales de baja porosidad, crea una barrera continua atrapando el vapor o el agua pluvial, evitando la evaporación de los mismos, sobre todo en las paredes con cámara de agua (paredes de barrera), y en menor escala en las paredes huecas, donde el agua o el vapor es evacuado por otras vías. Además de ser sensibles a la temperatura, las lechadas de resinas epoxídicas tienen una altísima fuerza de compresión, creando una acción compuesta monolítica entre las piezas que componen el revestimiento, evitando que los esfuerzos de movimiento se disipen. Todos estos elementos hacen que este tipo de material no sea el adecuado en rejuntado de revestimientos exteriores.
- **Sellador de uretano o silicona:** Se usan como relleno de juntas de movimiento entre piezas cerámicas así también como relleno intermedio entre las piezas cerámicas y los otros materiales que componen los elementos de fachada (metal de marcos de ventanas, etc), para lo que se requiere un alto grado de adherencia y de resistencia al movimiento diferencial y a la tracción /compresión. También se presentan como una efectiva barrera contra el agua.

Detalle junta de movimiento
 Pared de barrera –
 Pared de apoyo en
 mampostería de hormigón
 con membrana. (de acuerdo
 con la normativa
 norteamericana ANS/
 A108/A118/A136.1 publicada
 por el Consejo Cerámico de
 Norteamérica – TCNA Inc.)



Fuente: "Revestimientos exteriores con adherencia directa de azulejos cerámicos, piedra y ladrillos cara vista" de Richard P. Goldberg – Laticrete® International Inc. 1998.

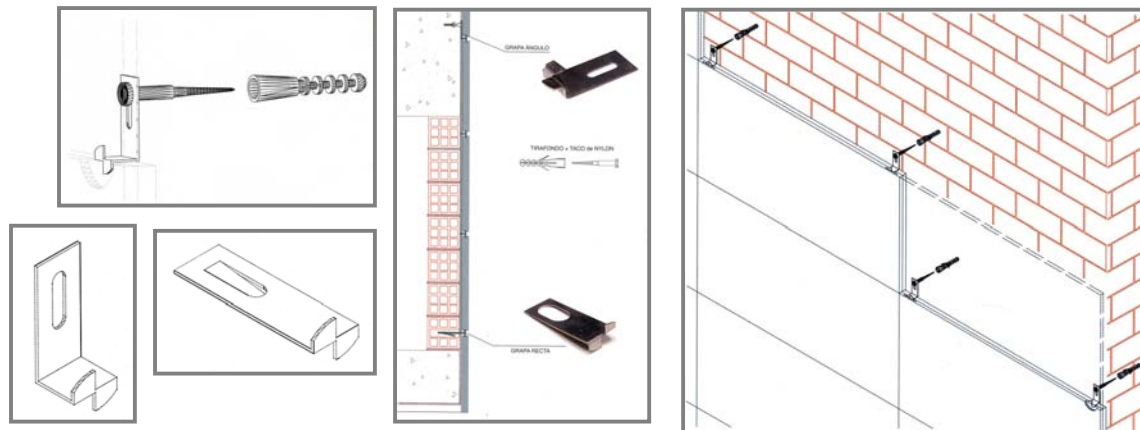
Indicaciones para una correcta colocación por Adherencia directa (Guía Weber-Cemarsa® 2005)



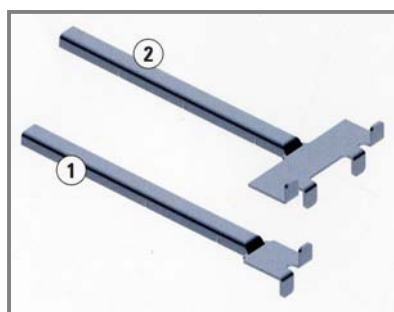
3-1-5 Sistemas mixtos (adherencia directa con grapas de fijación)

A partir de no hace muchos años, se está aplicando la nueva normativa que exige reforzar las piezas de revestimiento a partir de los 3 m de altura con piezas de apoyo colocadas en seco para evitar el deslizamiento de las piezas sobre la fachada debido al peso propio, acentuado por la utilización de piezas de mayor formato, lo que lleva al desprendimiento de estas. Estas sujeciones deberán soportar los esfuerzos a cortante evitando la fatiga del material adherente aumentando su resistencia y los esfuerzos a tracción. Para cumplir con este requisito, las diferentes fábricas se han puesto en marcha en la búsqueda de soluciones apropiadas. A los sistemas de doble encolado de las piezas (con adhesivos químicos debido a la bajísima absorción del porcelánico), se le añaden fijaciones mecánicas para reforzar el sistema.

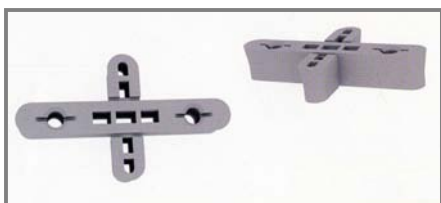
Alcagres® propone grapas metálicas ancladas con tornillería inoxidable y tacos de anclaje, resinas de poliéster o resinas sin retracción, fabricadas en acero inoxidable. Las juntas mínimas entre baldosas deberá ser de 4mm.



TAU® Cerámica ofrece como solución la colocación de anclajes metálicos GR-AM de la empresa Masa, que se introduce en un orificio previamente realizado en el soporte, rellenado el espacio sobrante con adhesivo cementoso del tipo **C2**. El anclaje metálico viene en dos versiones: simple (1) o doble (2), según se use en una sola pieza o compartido por dos. Son grapas visibles, lo que evita el ranurado de las piezas.



Otro sistema que ofrece **TAU®** es un sistema donde los soportes no quedan a la vista, sino que quedan ocultos bajo el material de rejuntao, llamado **Sistema Wallfixer®**, compuesto por piezas realizadas en poliamida con aditivos en forma de cruceta con perfil trapezoidal perfectamente adaptables al canto de las placas sin rectificar. Se fijan con tacos y tornillos que pasan a través de dos orificios que presentan estas piezas. Es indispensable que los tacos alcancen la profundidad suficiente para llegar a los materiales de fábrica del paramento.

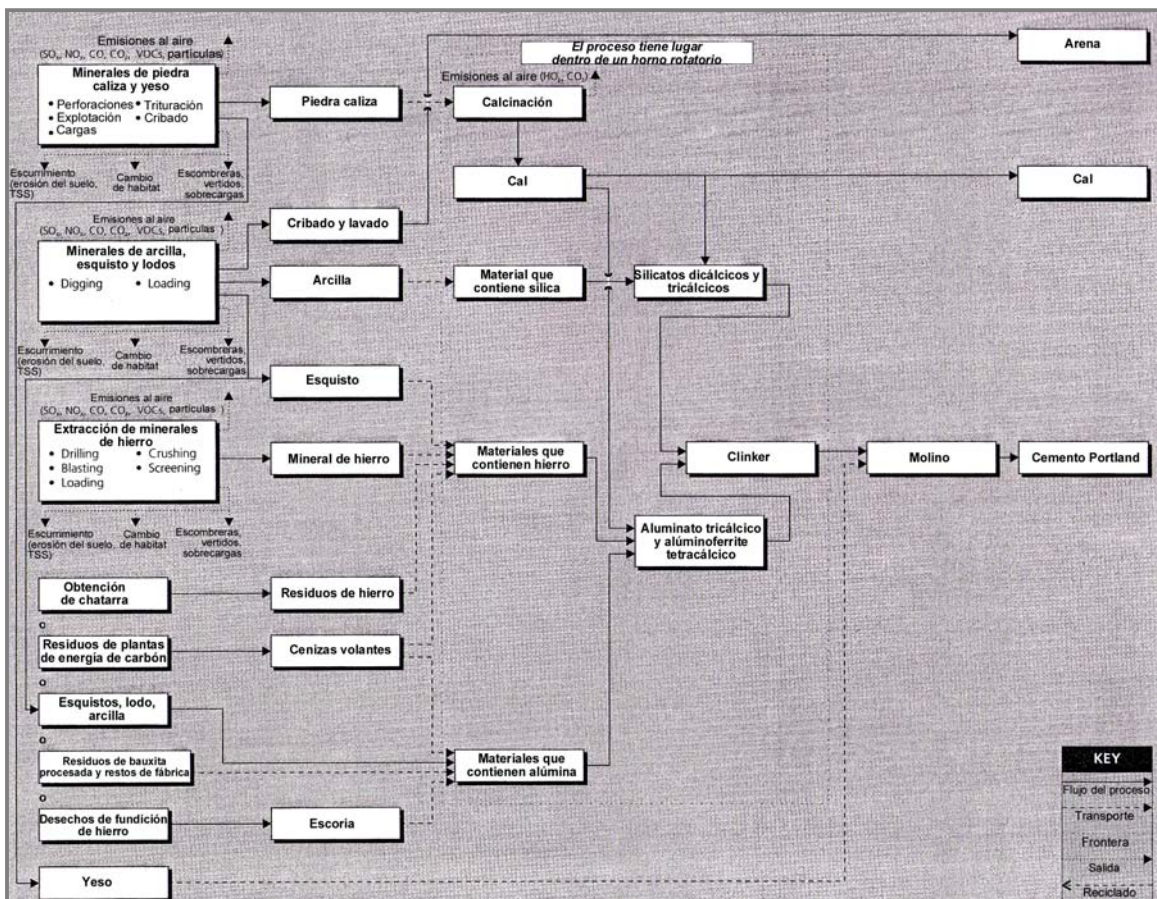
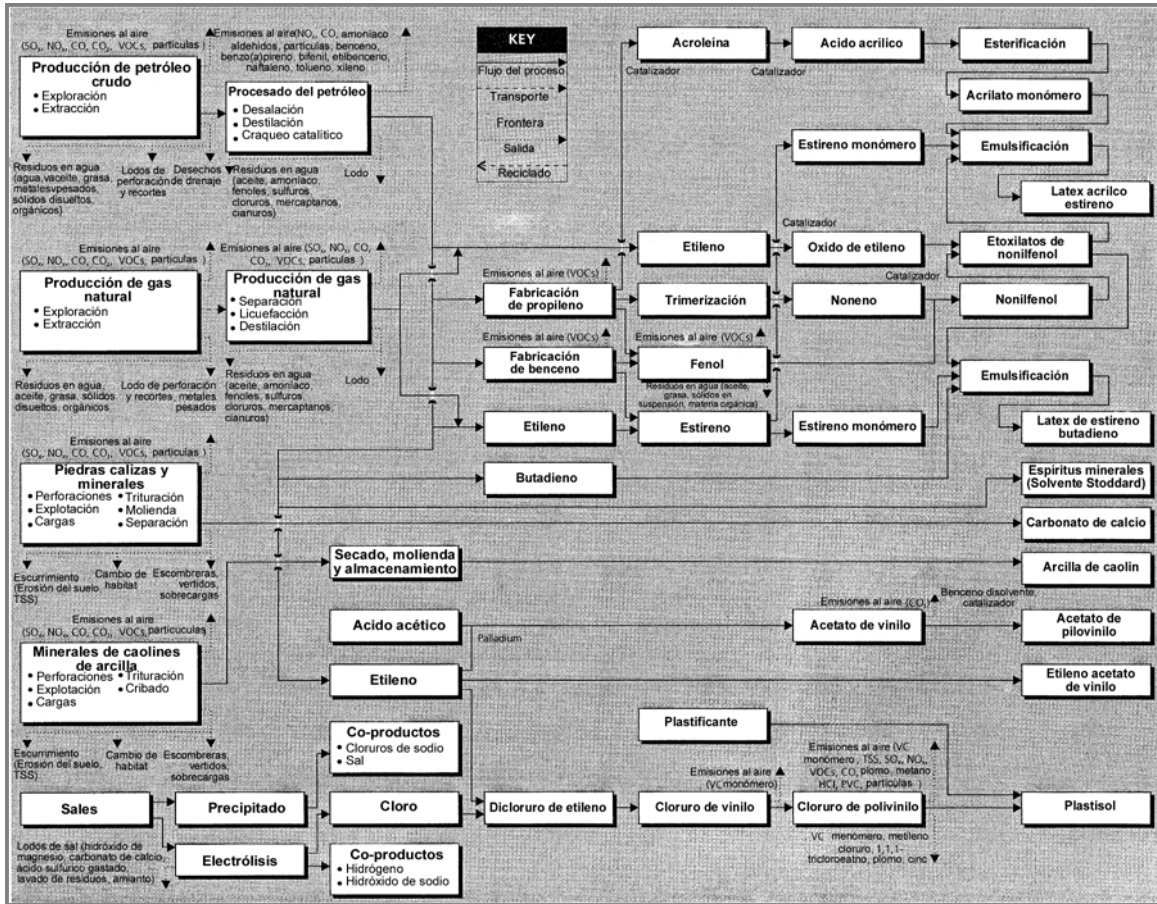


Ciclo de vida de los adhesivos, morteros y lechadas⁽¹⁴⁾:

Los componentes de los adhesivos usados en la colocación de las baldosas provienen de empresas petroquímicas. La extracción y procesamiento del petróleo y del gas natural causan un incremento del BOD, de la turbiedad, de las deposiciones bénticas y la desoxigenación del agua. Se liberan materiales tóxicos, decrece la reproducción de peces, y una disminución de la diversidad de la fauna. Varias emisiones producidas durante el proceso de intermedios químicos y de fabricación de componentes adhesivos pueden causar efectos sobre la salud humana desde irritaciones hasta cánceres, decrecimiento de la visibilidad y daños en las precipitaciones ácidas. El acrílico, estireno, monómeros de butadieno pueden causar numerosos efectos sobre la salud, desde irritaciones en ojos y nariz, jaquecas y vértigos. Los solventes usados en los adhesivos pueden, además, causar efectos sobre la salud humana.

Las fórmulas de adhesivos y látex de morteros y lechadas pueden ser fuentes de emisiones al aire cuando se usan para pegar baldosas cerámicas. Cuando se han volatilizado completamente los polímeros y luego los solventes y otros VOCs, estos adhesivos y otros componentes orgánicos usados con la baldosa cerámica tiene un mínimo o nulo efecto tóxico. De todas maneras, mientras se aplica o mientras el VOCs continúa siendo emitido, pueden producir efectos sobre la salud, especialmente en individuos especialmente sensibles si los materiales no son usados con corrección.

Fuente: Environmental Resource Guide, American Institute of Architects ; U.S.A. 1996



3-2- Colocación en seco:

3-2-1- Por adherencia directa:

Los fabricantes de adhesivos y los centros de investigación de los nuevos materiales de adherencia siguen a la búsqueda de nuevos sistemas que simplifiquen la puesta en obra y que ahorren tiempo y energía. El último avance llega de la mano de la fábrica **Kerlam®** con un revolucionario método que solo puede aplicarse a las baldosas de gres porcelánico de porosidad casi nula.

Se trata de una multilamina tecno-acústica autoadhesiva doble cara, compuesta por una lámina de caucho sintético de alta densidad y film de polietileno reticulado de alta resistencia a la compresión con adhesivos técnicos de tipo “acrílico modificado” en ambas caras de alta capacidad adhesiva.



La baldosa se posiciona sobre la lámina para cortarla del mismo formato con un cutter. Se retira el papel de protección del adhesivo y se adhiere la baldosa. Luego se retira el papel de la otra cara de la plancha adhesiva y se coloca sobre la superficie a ser revestida siguiendo los métodos tradicionales de colocación, verificando la planeidad y limpieza del soporte y ayudándose con un martillo de goma para asegurar la adherencia continua y firme.

Este producto puede utilizarse en revestimientos y en pavimentos interiores, y tiene diferentes presentaciones de acuerdo a la baldosa y al uso de la misma, existiendo en mercado “*Kerlam TenoPlus*” de 3,5 mm de espesor con aislamiento acústico anti-impacto incorporado, recomendado para formatos de hasta 3600 cm²; “*Kerlam Tecno-Lam*” de 1,2 mm de espesor indicado para los nuevos porcelánicos de 3 mm de espesor y para materiales que no superen los 10 kg/m²; y “*Kerlam Tecno-Star*” de 2mm de espesor para baldosas de pequeño formato, menores a 600 cm².

Aún se está experimentando el uso de este material en exteriores, dado que todavía no se ha encontrado la forma de absorber los esfuerzos de dilatación y compresión compatibles con el revestimiento y soporte. Pero se recomienda el uso de “*Kerlam Tecno-Fachada*” de 1,2 mm de espesor, en la cara posterior de las baldosas de fachadas ventiladas ya no como adhesivo, sino como refuerzo para casos de rotura y así evitar el desprendimiento de fragmentos.

Para el rejuntado, la misma fábrica Kerlam® ofrece el producto “*Kerlam Flex*” una masilla tecnológica flexible que se presenta lista para el uso que ya viene coloreada.



Inmediatamente abierto el bote, se remueve el producto y se aplica con una llana de goma, respetando y siguiendo todo el mismo procedimiento para la aplicación cualquier material de rejuntado.

*Fuente: Stand Kerlam CEVISAMA
2008*

3-2-2- Sistemas prefabricados:

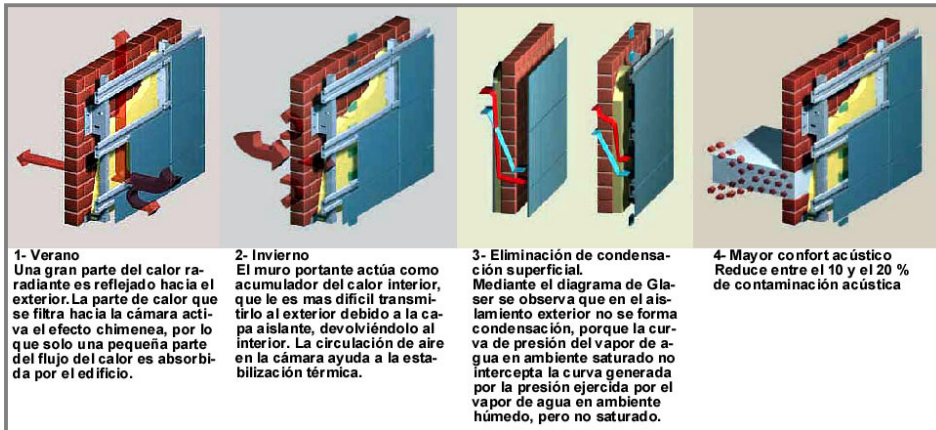
3-2-2-1- Fachadas ventiladas:

Las innovaciones en fachada llegan en este período cuando, al aparecer las estructuras de acero y hormigón, se libera al revestimiento de la función portante, separándolo del muro de cierre y dándole un tratamiento independiente de este para liberar también la función térmica y evitar el uso de adhesivos y las posibles patologías que éstos puedan padecer. Este avance introduce una cámara de aire que separa al muro del recubrimiento, en la que de instala un aislante térmico, y que produce una ventilación continua a lo largo y ancho de todo el muro, ofreciendo mejoras técnicas de protección técnica, estanqueidad y estabilidad. Para la fabricación y construcción de fachadas ventiladas de cerámicos se utilizaron sistemas que ya habían sido usados con otros materiales, sobre todo la piedra, y que, gracias a los avances de la industria cerámica y la fabricación de los greses de bajísimas porosidades como el porcelánico, se hizo posible la utilización de este material como placa de cerramiento.

El gres porcelánico cuenta con una elevada precisión dimensional, alta homogeneidad, bajísima expansión por humedad, valores mínimos de coeficientes de dilatación, resistencia química, a la corrosión, a la radiación solar, a las heladas, y es de fácil limpieza.

El objetivo de la fachada cerámica como piel del edificio, es facilitar la puesta en obra, en seco y mecanizada para evitar los problemas de preparación de mano de obra de albañilería especializada, además de las ventajas funcionales y técnicas. Entre estas ventajas, podemos citar la protección climatológica: en verano evita el recalentamiento de los paramentos exteriores gracias a la cámara de aire que genera una corriente renovadora de aire fresco, y evitando así que las temperatura interiores del interior se eleven. En invierno, actúan de forma inversa: el aire que circula por la cámara de aire, sirve de aislante del frío exterior, transmitiendo el aire caliente que desprende el interior del edificio.

Con respecto al viento y la lluvia, la fachada ventilada evita que estos impacten directamente contra el paramento de cierre, evitando patologías en elementos estructurales del edificio.



TAU® Cerámica

Los elementos que componen una fachada ventilada, son:



- El soporte sobre el que se asentará la fachada ventilada. Es el muro de cierre del edificio sobre el que se fijarán los anclajes de la fachada ventilada.
- Aislante térmico, colocado entre la estructura portante de la fachada ventilada, y que contempla el espacio necesario para la convección de aire dentro de ella.
- Una hoja exterior, que define la “cara” del edificio, y que aquí, trataremos en revestimiento cerámico.
- Cámara de aire en toda la superficie de la fachada, para evitar el paso del agua del exterior y evacuar la humedad.

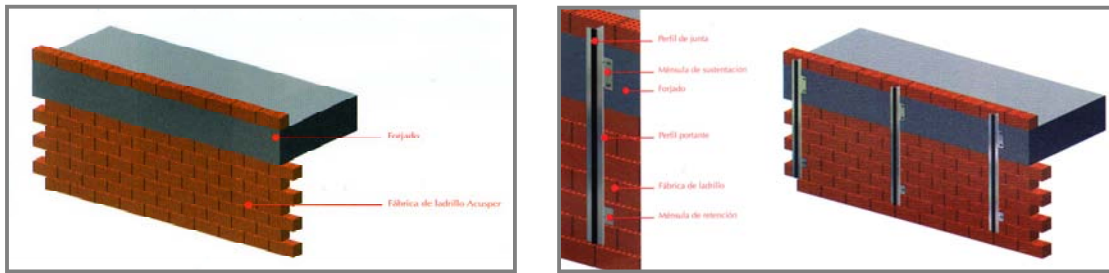
TAU® Cerámica

En cuanto a la apariencia exterior, también podemos clasificar a los sistemas de fachadas cerámica según tenga sus fijaciones: ocultas o a la vista.

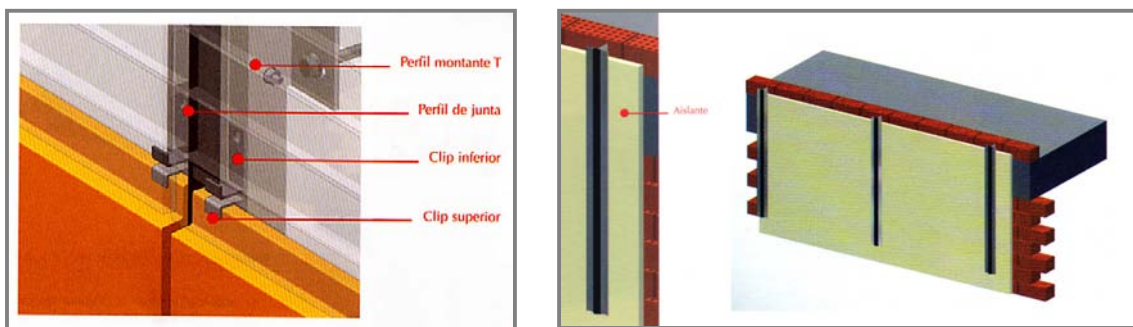
Se han seleccionado tres ejemplos de fachadas ventiladas cerámicas: el que se realizan con aplacados de piezas de gres extrudido huecas tipo *klinker* (**Favetón®**), otro con piezas de porcelánico de 5 mm de espesor, que aplica los mismos criterios que las piezas de piedra natural (*Mecanofas Karrat GV* y *Mecanofas Karrat S7 TAU®*) y finalmente un sistema que integra la pieza de gres porcelánico y la aislamiento en un solo panel (*Integramuro* de **Alcagres®**)



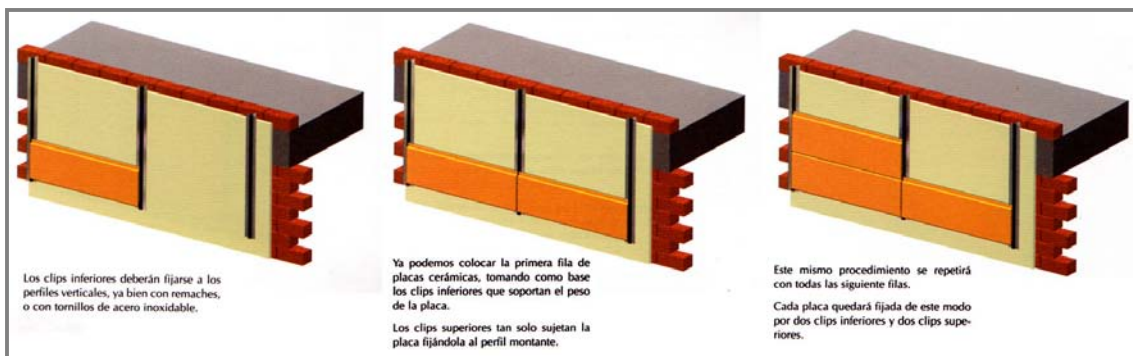
Sistema Favetón® : Incluye la fachada completa: el revestimiento exterior y el muro de cierre de fachada. La marca fabrica los ladrillos del muro, la estructura portante del revestimiento, y las piezas cerámicas que los forman. Las piezas cerámicas son baldosas de gres extrudido, huecas, cocidas a temperaturas que superan los 1100 °C. El formato más usado es el de 300 x 1000 mm. La ventilación de la fachada se realiza a través de la junta horizontal entre las placas cerámicas, y en la parte superior de la fachada se realiza por la cámara de aire entre el aislante y el revestimiento exterior.



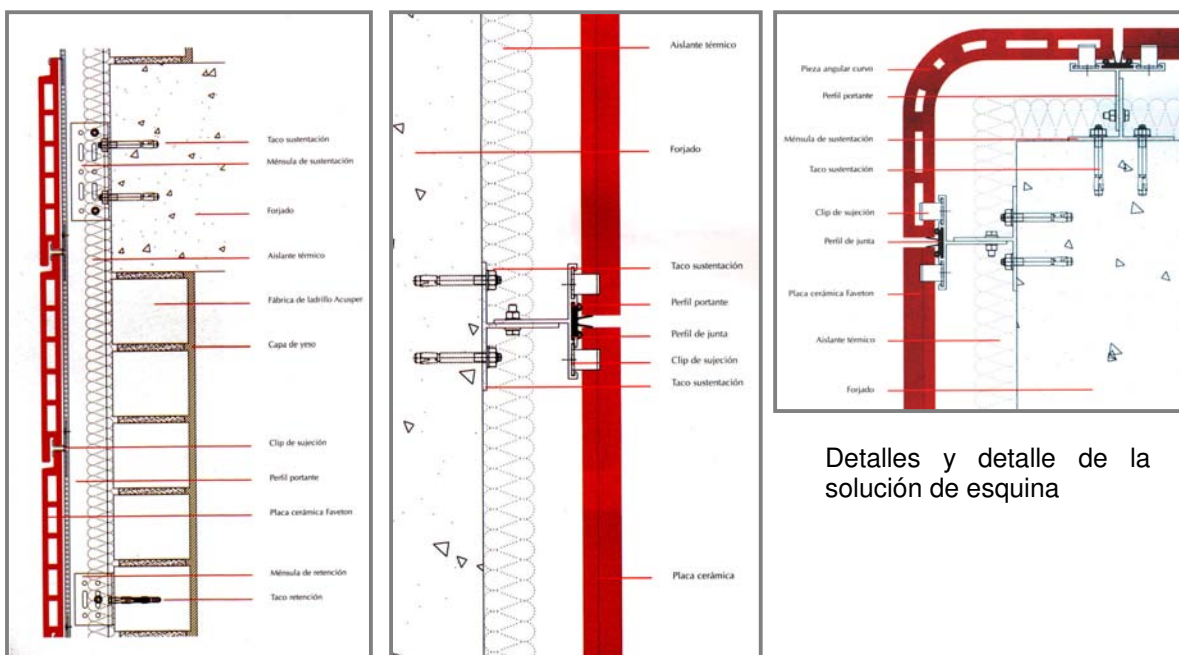
El muro de cerramiento de fachada se realiza con ladrillos huecos de 14 cm de ancho. La subestructura es de aluminio, lo que aligera el peso total de la fachada, es indeformable y no se oxida; el sistema de anclaje absorbe las posibles desviaciones de la fábrica de ladrillos. Los perfiles van siempre en vertical, de forjado a forjado con la menor cantidad de apoyos sobre la fábrica.



Las placas van sujetas a los perfiles por medio de clips de sujeción, que su vez, van sujetos a los perfiles por medio de tornillos de acero inoxidable. Estos clips, en total cuatro, sujetan la placa cerámica en dos puntos superiores y dos puntos inferiores, y quedan ocultos, no percibiéndose a la vista en la fachada. El espesor del aislante no depende de la subestructura, y puede ser seleccionado libremente, fijándolo al muro de fachada según las indicaciones del fabricante, ajustándose a los cálculos adecuados para una cámara de aire de 20 cm como mínimo.



Colocación de las piezas cerámicas



Detalles y detalle de la solución de esquina

Detalle vertical

Detalle horizontal



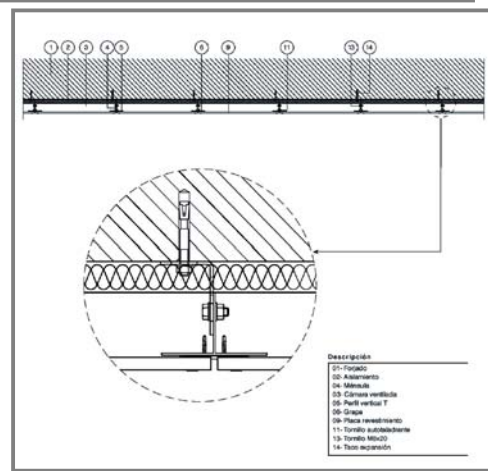
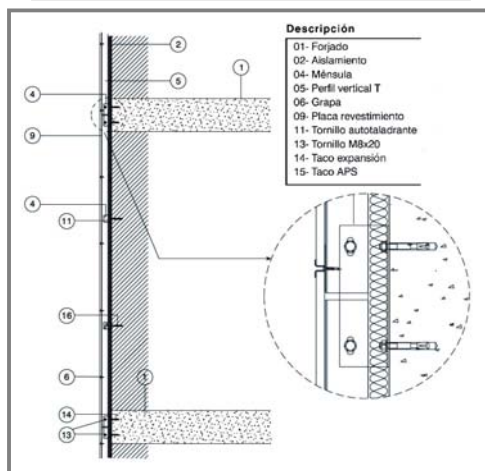
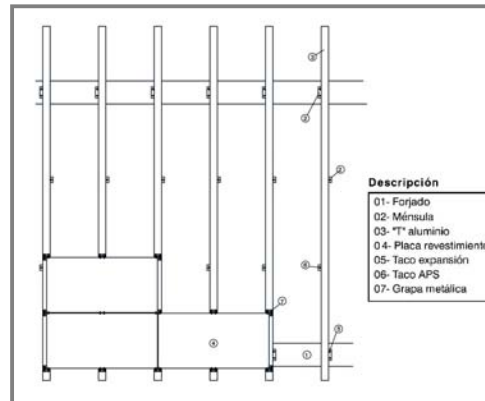
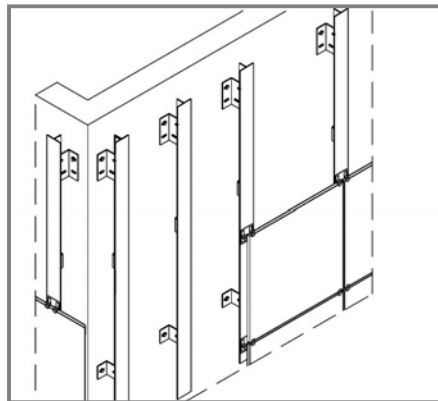
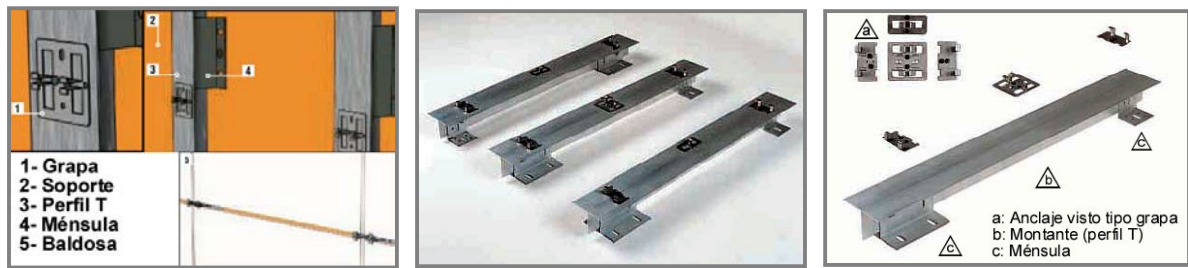
TAU® Cerámica propone dos sistemas de fijación: el sistema **Mecanofas Karrat GV**, con fijaciones a la vista y el sistema **Mecanofas Karrat S7** con fijaciones ocultas. Las piezas cerámicas son baldosas porcelánicas con absorción de agua de entre 3 % y 6 %, fabricadas por prensado y cocidas a una temperatura de entre 1.150 y 1.300 °C., de hasta 60 x 120 cm.

Mecanofas Karrat GV:

Similar al montaje del sistema Favetón, consta de una estructura metálica de aluminio, de montantes verticales y grapas de sujeción fijadas a los perfiles mediante tornillos autobloqueantes de acero inoxidable, o remaches de aluminio o acero inoxidable de 5 mm de diámetro. Las grapas de sujeción sujetan el porcelánico en 6 puntos, tres superiores, y tres inferiores; o en 4 puntos: dos superiores y dos inferiores. Las grapas de sujeción quedan a la vista.



Piezas que componen el sistema:



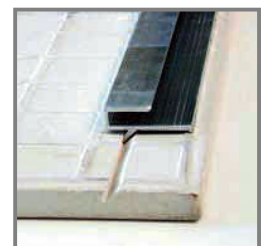
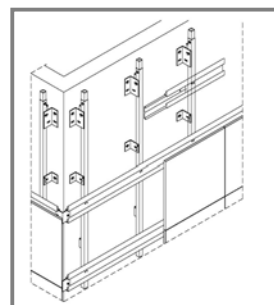
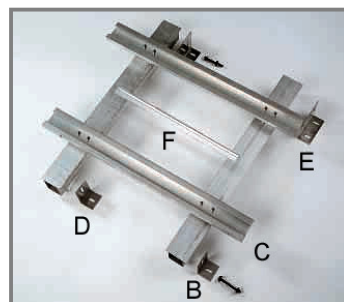
Detalle vertical

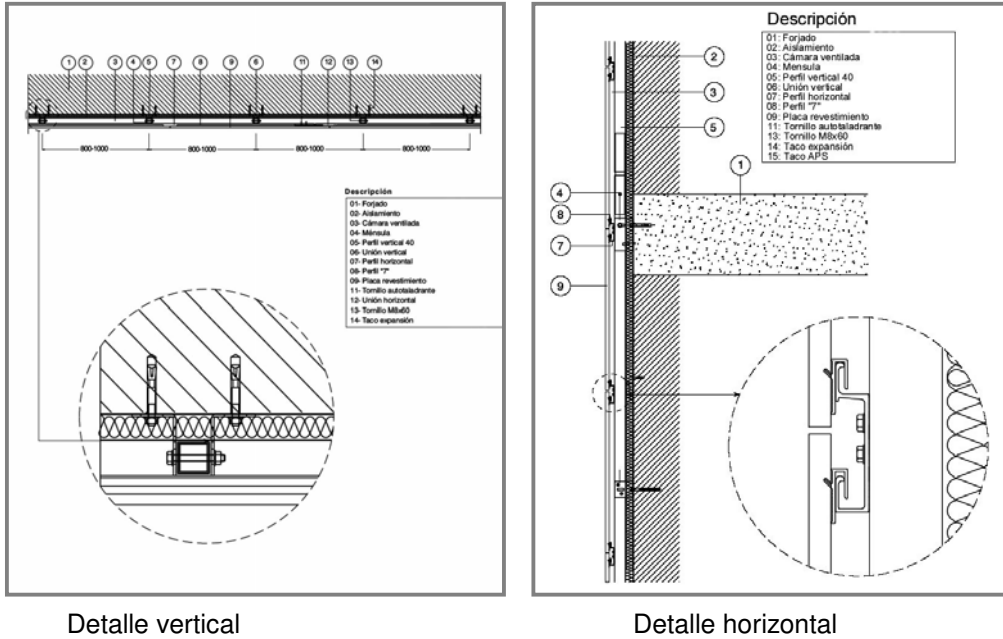
Detalle horizontal

Mecanofás Karrat S7:

Es un sistema de sujeción con anclajes ocultos, en el cual se dispone de perfiles horizontales que forman una malla ortogonal con los perfiles verticales. Para que le pieza encastre en el perfil horizontal, se le hace en su reverso una ranura longitudinal total a 45° de una profundidad máxima del 30 % del ancho de la baldosa, con la que se produce el menor deterioro de sus capacidades mecánicas y se garantiza un perfecto anclaje, en la parte superior y en la parte inferior de la baldosa

- b- Perfil vertical
- c- Perfil horizontal
- d- Ménsula de sustentación
- e- Ménsula de retención
- f- Perfil Siete (adosado a placa en fábrica)



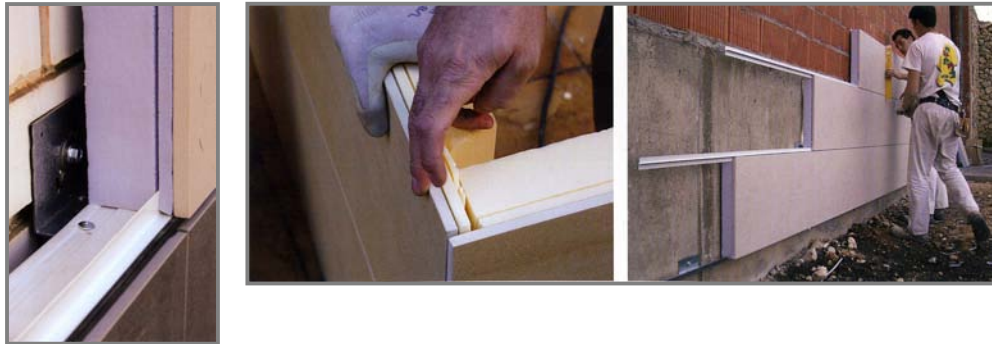


Detalle vertical

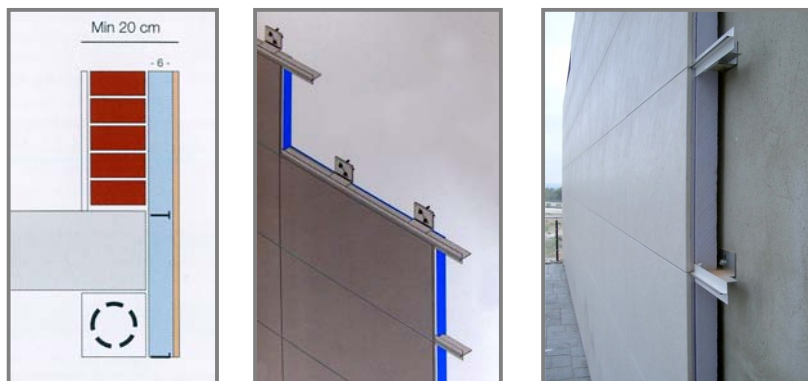
Detalle horizontal

Alcagres® propone el sistema *Integramuro*, que recoge varios conceptos y los integra para facilitar la puesta en obra y reducir el tiempo de montaje. El aislamiento y la pieza de gres porcelánico están integrados en un sólo panel de sencilla instalación que aporta durabilidad y resistencia impermeabilidad total y aislamiento térmico y acústico a la fachada revestida en un solo sistema.

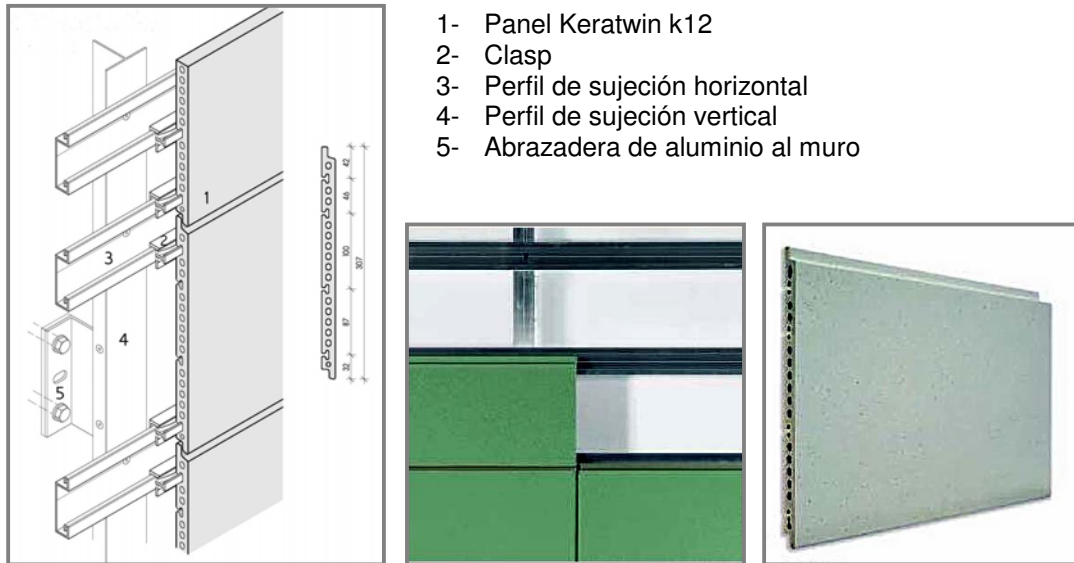
El sistema **IntegraMuro** también genera un considerable ahorro energético por su capacidad de aislante térmico. Como aislamiento acústico, el diseño del panel garantiza una eficiente insonorización de los espacios interiores.



El panel tiene un espesor estándar de 70 mm compuesto por un núcleo de poliestileno extrudido de 60 mm, desarrollado y fabricado según sistema Deprot, y cara exterior de porcelánico técnico de **Alcalagres**, resistente a los cambios climáticos, fracturas por heladas, lluvias y humedades.



Agrob Buchtal conjuntamente con **Ferrogres**, proponen también un sistema de fachada ventilada con piezas de porcelánico huecas extrudidas colocadas de forma similar al sistema Favetón.



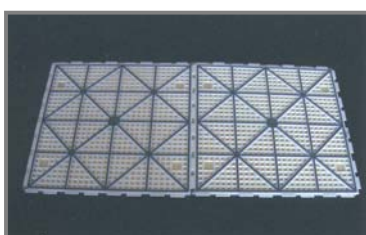
- 1- Panel Keratwin k12
- 2- Clasp
- 3- Perfil de sujeción horizontal
- 4- Perfil de sujeción vertical
- 5- Abrazadera de aluminio al muro

3-2-2-1- Suelos:

En cuando a la colocación en seco de suelos cerámicos, aún se encuentran en fase de investigación diseños de sistemas que faciliten su puesta en obra, a fin de reducir el tiempo de colocación, los inconvenientes de la preparación de morteros en obra, y la reducción de mano de obra especializada. Con este fin, se han lanzado al mercado sistemas de piezas cerámicas ya montadas sobre un soporte plástico para ser colocadas a modo de puzzle, sin necesidad de morteros ni rejuntados, y con la facilidad de lograr su tránsito inmediato. Los dos ejemplos seleccionados pertenecen a las fábricas **TAU®** y **Roca®**, respectivamente.

TAU® Cerámica ha presentado en el último congreso CEVISAMA un sistema que incorpora una base de polímero plástico a la baldosa cerámica, con bordes machihembrados que sirven para encastrar una pieza con otra dejando una junta de 3mm que puede ser rellenada en seco con un elastómero, o bien, con masilla de rejuntado. El resultado es un suelo flotante, de fácil colocación, desmontable, reutilizable y con propiedades de aislante térmico y acústico. De momento solo se aconseja este suelo en interiores, pero se están investigando soluciones para que sea posible también usarlo en exteriores. El sistema está en el mercado bajo el nombre comercial **Drysystem** ® de **TAU® Cerámica**.

Las ventajas de este sistema es que permite cambiar y reponer baldosas con mucha facilidad, reutilizarlo llevándolo de un espacio a otro, utilizarlo de forma temporal para eventos, evitar la utilización de adhesivos con el consiguiente tiempo de fraguado, transitar sobre él durante su colocación y conservar en buen estado el solado original. Actualmente se encuentra en fase de investigación la manera de conseguir que la base de PVC cobre mayor espesor, y aporte un espacio hueco para utilizar como suelo técnico que permita el paso de instalaciones.



Vista inferior:
Soporte de PVC

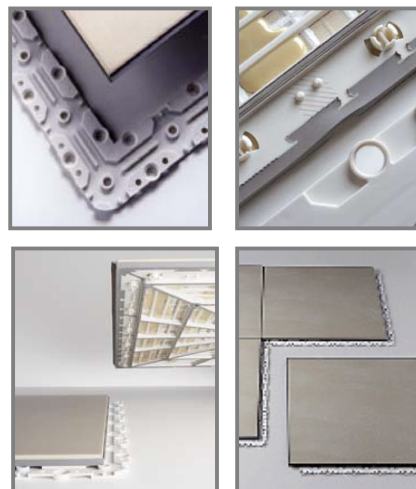
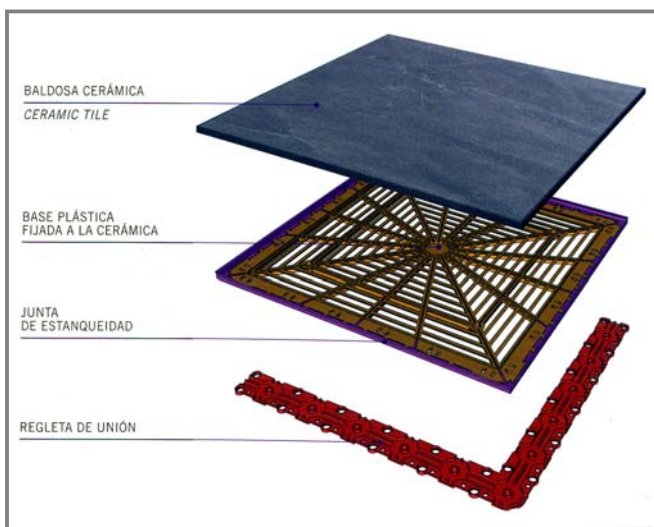
CUARTO BLOQUE



Vista superior:
Baldosa de porcelánico.



Por su parte, la fábrica **Roca®** presenta el sistema **Pret a Porter**, similar al de TAU, pero con algunas modificaciones. Las baldosas se encastran en un soporte de plástico a base de polímero, independiente del sistema de anclaje entre piezas en forma de regleta, que se puede quitar y poner en los bordes donde hagan falta, y presenta además, una terminación de goma que elimina la necesidad de colocar la junta y asegura una correcta estanqueidad.

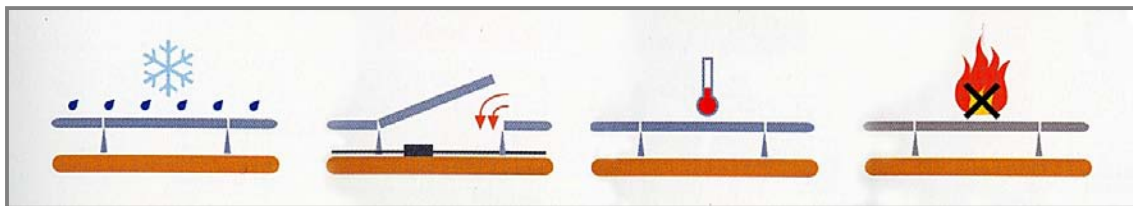


Corte y
colocación

Suelos técnicos:

Para la utilización de suelos técnicos con terminaciones superficiales de baldosa cerámica, se aplican los mismos criterios que para los suelos técnicos tradicionales de otros materiales.

Las ventajas que ofrece el suelo técnico realizado en porcelánico (como el aplicado con cualquier otro material de revestimiento), además de las virtudes de este material en cuanto a durabilidad, resistencia al tránsito, al ataque químico, a la helada, al fuego, y ser reutilizable, es que permite la accesibilidad a cualquier punto para la colocación de instalaciones eléctricas, telefónicas, informáticas y tuberías; y crea una cámara de aire como aislamiento térmico. Los ejemplos escogidos pertenecen a las fábricas **Alcagres®** e **Intec®**, para interiores y exteriores y el suelo **Intec®** de fabricación italiana, para exteriores.



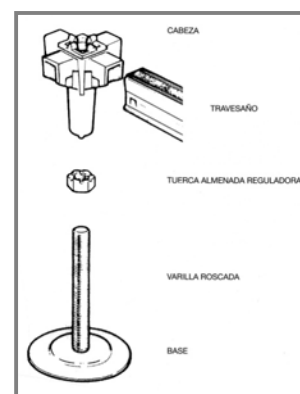
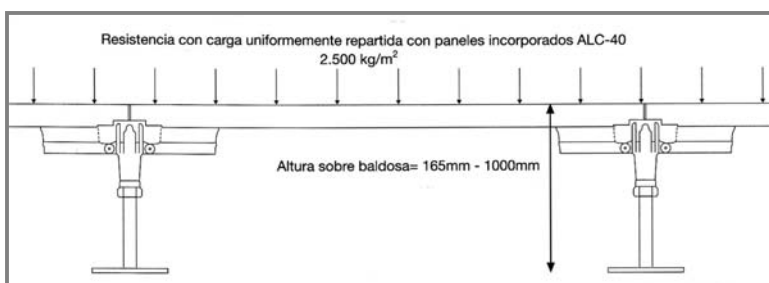
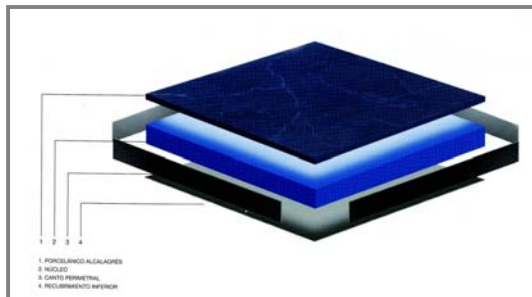
Resistencia

Registrabilidad
Seguridad

Aislamiento térmico

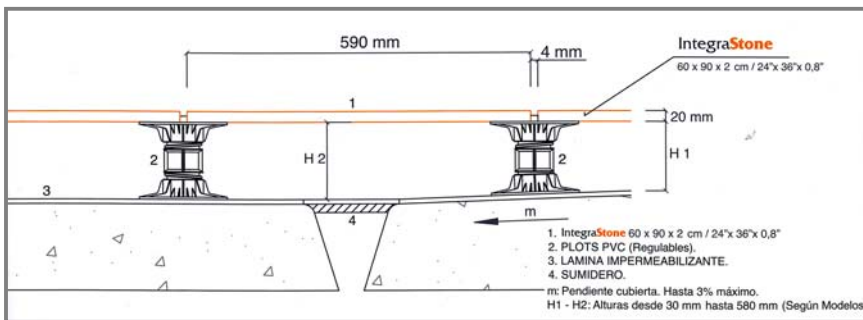
Fuente: Alcagres®

Suelo técnico de **Alcagres®**: El sistema que ofrece esta fábrica llamado “super-level” se compone de una estructura de soporte semirígida formada por travesaños de acero galvanizados sujeto por los soportes en cada intersección. Cada soporte presenta una varilla roscada para regular la altura entre 16 y 100 cm, y un conjunto de cabeza y base de acero estampado.

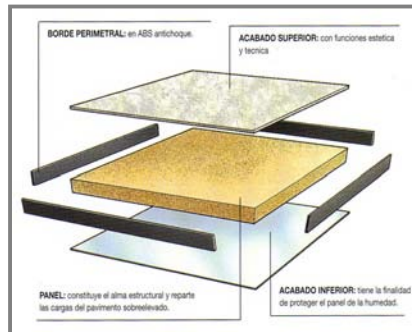
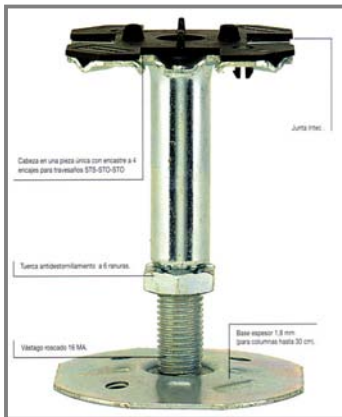




Para exteriores, **Alcagres** propone también un sistema de suelo sobreelevado para la pavimentación de azoteas transitables, lo que facilita la rápida evacuación de aguas pluviales y mejora el aislamiento térmico del edificio. La pieza de gres porcelánico *IntegraStone* de mínima absorción de agua y alta resistencia a la helada, en un formato de 60 x 90 x 2 mm, con un sistema que permite salvar pendientes en azoteas, cubiertas planas y losas impermeabilizadas con pedestales de PVC colocados en la misma modulación de las baldosas.



El suelo **Intec®**, de fabricación italiana, presenta un panel que lleva una terminación de porcelánico, en un tamaño estándar de 60 x 60 mm. Esta fábrica ofrece soluciones para interiores y exteriores, garantizando una perfecta estanqueidad.



La pieza de soporte es regulable desde los 3,5 cm

Para exteriores, se propone un panel similar al anterior, reforzado con una armadura de acero colocada en las dos direcciones de 600 x 600 mm, que apoya sobre soportes de polipropileno, de fácil instalación, resistencia mecánica, aislamiento térmico y acústico y fácil drenaje de aguas.



4- Arquitectura y revestimiento: La tecnología al servicio de la arquitectura

En este capítulo las obras escogidas presentan una gran variedad de uso del material cerámico como revestimiento, desde fachadas ventiladas en obras de vanguardia, hasta espacios públicos y cubiertas. Si bien la gran protagonista de esta época es la fachada ventilada, que crea una envolvente autoportante independiente de la estructura como una piel; también encontraremos obras como el Mercado de Santa Caterina, donde la cubierta se expone como un manto que protege y alberga los servicios del mercado, representados en sus dibujos que pueden apreciarse a vuelo de pájaro. También aparece un creciente interés por la utilización de la cerámica en espacios públicos como plazas, parques y calles, donde el material debe responder con soltura a las exigencias del tránsito constante y aportar todo su colorido y creatividad sin perder sus prestaciones. De este mismo modo, se destaca la industria creciente en un material tradicional que alcanza las mas avanzadas tecnologías de fabricación y puesta en obra, hasta el retorno a piezas artesanales encargadas con fines específicos por el mismo arquitecto.

Lo que es evidente e indiscutible en estas obras, es la recuperación de la participación activa del arquitecto proyectista en cada una de las elecciones del material de revestimiento, consciente y atento, desde la fabricación hasta el resultado final en la colocación acabada; y que se había perdido desde la época del Modernismo.

4.1. Palacio de Convenciones (Arata Isozaki), Nara – Japón, 1992/1998

El **Palacio de Convenciones** es el punto clave del proyecto de acondicionamiento de la ciudad de Nara, en un plan trazado para el desarrollo del centro de la ciudad. Este proyecto fue el ganador en el concurso internacional que se celebró en la primavera de 1992.

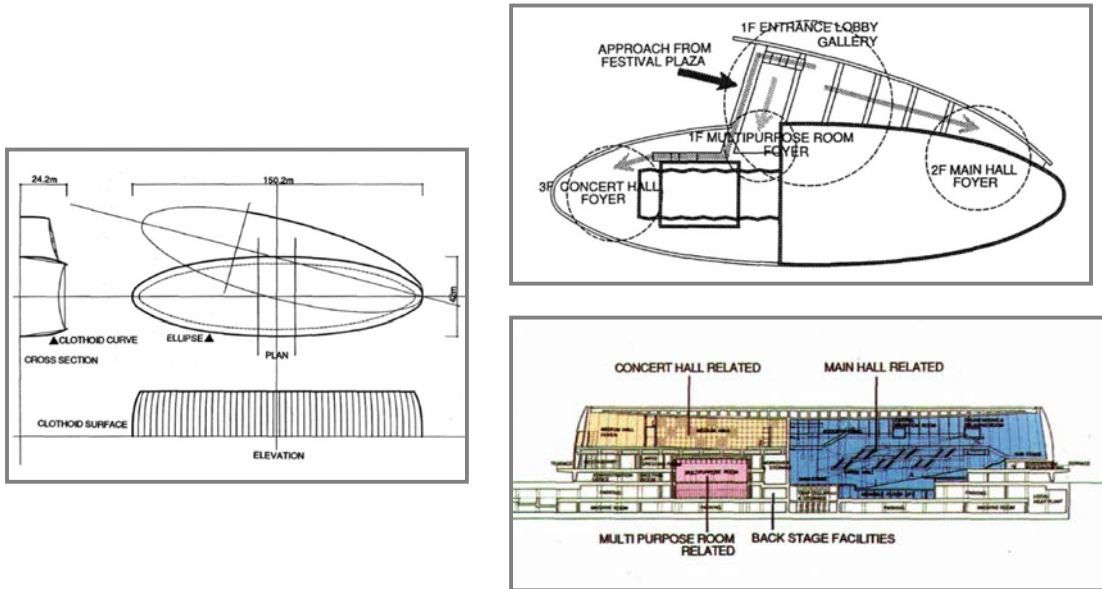


La ciudad de Nara, antiguamente llamada *Heijo-kio* tenía un trazado llamado *Jori*, del que todavía podemos encontrar algunos restos. Posteriormente, la vía del tren se impuso sobre este antiguo trazado, y el giro de este eje, genera el acceso principal al Palacio de Convenciones. El eje

CUARTO BLOQUE

principal del cuerpo principal del proyecto se ha definido de acuerdo con la trama original de la ciudad, en sentido Norte-Sur, mientras que el vestíbulo del acceso principal gira de acuerdo con el trazado de la vía del tren.

Basándose en la armonía con el trazado de la ciudad original (fundada en el S VIII), e inspirado en las cubiertas de los templos, como el *Todai-ji*, se genera un volumen de planta elíptica que es generado por una línea inclinada hacia el interior que sigue una línea clesoidal.



El planning de la obra fue totalmente sistematizado para acelerar los tiempos de ejecución, y se adoptó el mismo sistema que se usó para la construcción del Palau Sant Jordi, el de "*Planta Dome*"

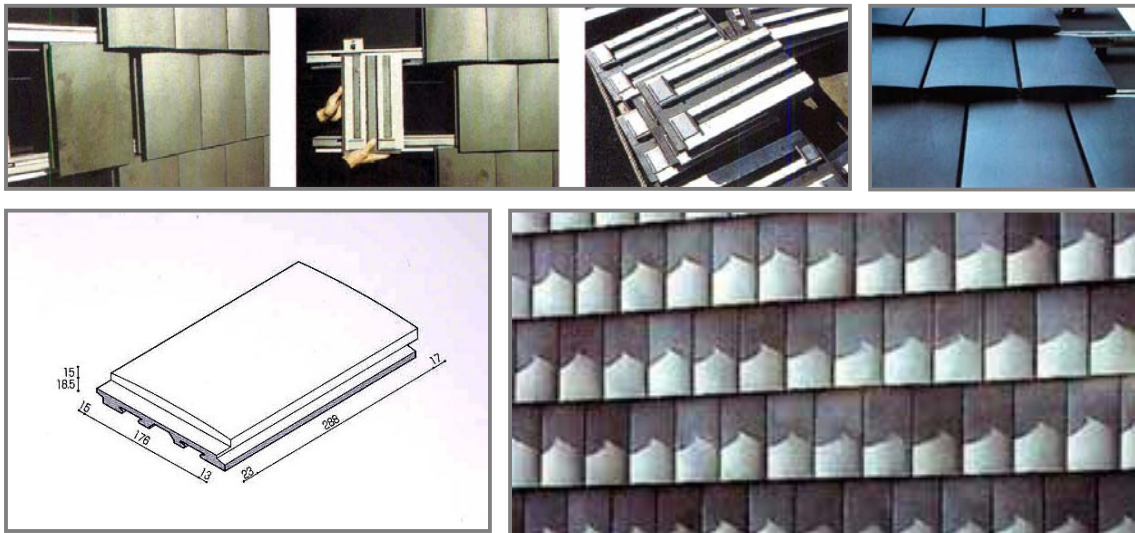
Se utilizaron métodos absolutamente innovadores en toda su construcción, partiendo de unas unidades de paneles de hormigón unidas, de 12 m de altura y 3 m de ancho, que se elevarían hasta 24 m por medio de 32 torres de elevación.



Fotos: Conferencia a cargo de Shuichi Fujie, de Arata Isozaki y Associates para Qualicer 1998

El sistema utilizado en el revestimiento exterior del Palacio de Convenciones fue una *fachada ventilada*, donde se empelaron las técnicas más modernas en cubiertas tradicionales japonesas. Para cubrir la curva clesoidal y la elipse, fue necesario utilizar piezas pequeñas superpuestas, como escamas de pez, de fácil colocación y que solucionaran los problemas geométricos⁽²⁷⁾.

Cada 15 cm se colocaron de forma horizontal perfiles de acero inoxidable, sobre una capa impermeabilizante, la que sostiene el revestimiento de escamas compuesto por baldosas cerámicas, sujetas con un gancho metálico que tienen en su reverso, lo que facilitará el cambio de las piezas que se vayan deteriorando. Las piezas cerámicas son de un diseño especial del mismo tamaño que la teja japonesa, la cual, descontando la parte de la pestaña, es de 30 x 19 x 1,6 – 2,1 cm en 5 variantes para cubrir la totalidad de la superficie, y con la parte central abombada para que la luz solar cree efectos de luz y sombra.



Fotos: Conferencia a cargo de Shuichi Fujie, de Arata Isozaki y Associates para Qualicer 1998

Las 170.000 baldosas utilizadas en el Palacio de Convenciones se fabricaron en la región de *Tokoname*, una de las ciudades de Japón más importante y reconocida por su tradición legendaria en producción de baldosas. En esta ciudad, hasta 1970 se utilizó el carbón como combustible de los hornos, pero a causa de la contaminación que producía su combustión, se comenzó a utilizar el propano y el horno eléctrico, quedando las antiguas chimeneas como parte de la tradición ceramista del paisaje urbano.

El color y la textura de las baldosas se definió luego de una serie de ensayos realizados en un *horno tipo "tournee"*, que no llega a ser el color exacto de la plata ahumada, sino un tono más similar al de la tradicional teja japonesa. Los colores de las piezas no son todos exactamente iguales, existiendo una ligera variación en la tonalidad de cada una de ellas. El proceso de fabricación es automatizado en su totalidad, sin necesidad de control, salvo al final, para la selección de los colores.



Proceso de fabricación de las baldosas cerámicas.

Fotos: Conferencia a cargo de Shuichi Fujie, de Arata Isozaki y Associates para Qualicer 1998

4.2. Galería de Arte en Walsall (Caruso St John Architects), Walsall – Reino Unido, 1999

Este edificio es el ganador del concurso internacional convocado en 1995 y construido por la empresa *Sir Robert McAlpine*, y fue convocado por la autoridad municipal de Walsall para construir un foco cultural y cívico como apertura urbana hacia el oeste. Esta galería fue erigida para albergar la colección *German Ryan*, compuesta por obras pictóricas impresionistas y diversas esculturas⁽²⁸⁾.

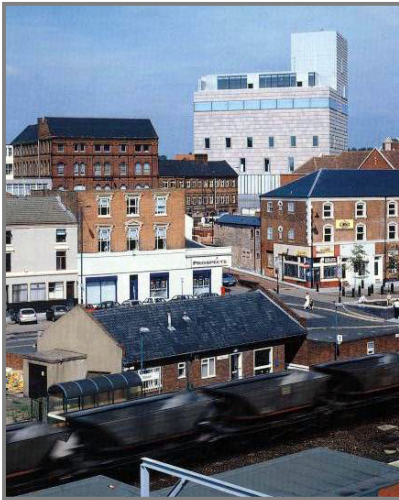


Planta baja

La estructura fue planteada con la intención de no mostrar los elementos estructurales verticales, por lo que se compone de pantallas de hormigón que soportan casi todo el peso de la estructura y que tienen aproximadamente 30 cm de espesor.

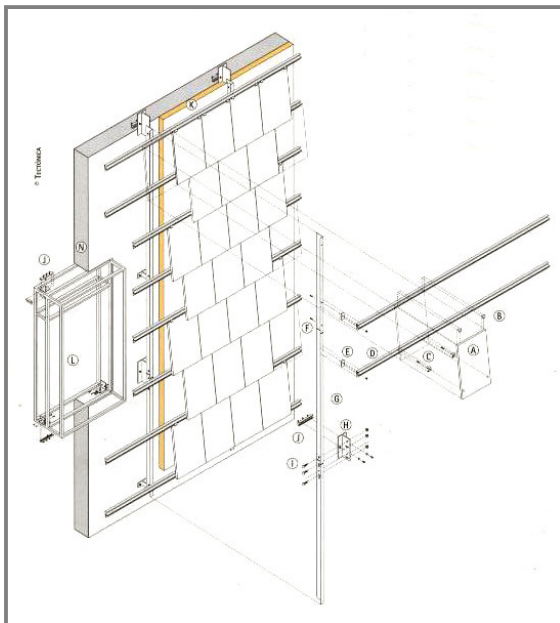
Para la imagen exterior, se eligió una envolvente de *losas cerámicas de terracota* inspirados en el edificio de Berlage en Londres, la *Holland House*, cuyas piezas cerámicas habían demostrado una alta resistencia al envejecimiento de mas de cien años. Las piezas fueron colocadas en fachada transventilada, alternada con lienzos de planchas de acero inoxidable y ventanas a modo de cajas de acero y vidrio. Las piezas de terracota fueron elegidas en reemplazo de la idea original de una fachada de hormigón, por la alta contaminación que existe en esta ciudad fabril, y por lo que este material

prontamente acabaría deteriorado dada su alta capacidad de absorción a las impurezas y su fragilidad ante el ataque de emisiones químicas.



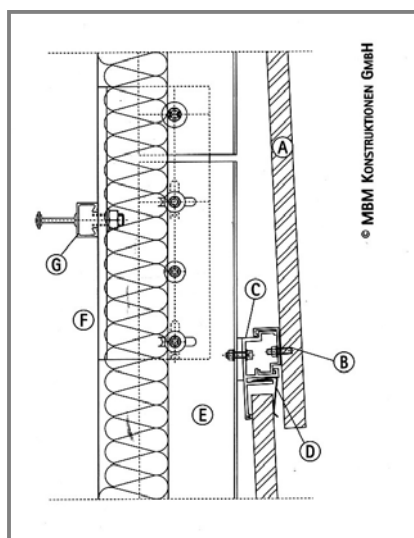
De esta manera, la fachada cerámica de la Galería de Arte se adapta perfectamente a la arquitectura industrial del entorno, sin perder su imagen de gran edificio público, envolviendo una torre densa y compacta con sus escamas de terracota, altamente resistentes a un ambiente contaminado y agresivo.

La fabricación de las piezas se encargó a una empresa alemana que ya había empleado este material en otras obras, como la *Postdamer* de Renzo Piano, y se moldearon por extrusión, cosa poco común en Inglaterra, donde se fabrican por el sistema tradicional de moldeado. La cocción a temperatura constante garantizó la coloración pareja y uniforme de cada placa, que tienen un espesor de 3 cm. Son más largas que anchas para poder absorber mejor las tensiones que se generarían si fueran cuadradas, y luego en obra se realizan dos perforaciones en la base de cada placa para colocar dos pernos de acero inoxidable con el perfil incorporado, y fijados con adhesivo, y que se sujetan al perfil de acero inoxidable⁽²⁸⁾.



- A: Placa de terracota
- B: Pinza de acero para evitar el vuelco
- C: Perno M8 de acero inoxidable con perfil de acero fijado con adhesivo
- D: Perfil horizontal de acero inoxidable
- E: Separador elástico
- F: Perno roscado M8
- G: Angular vertical de acero galvanizado
- H: 1/2 IPE 360
- I: Perno roscado M10
- J: Carril de fijación empotrado en el hormigón
- K: Espuma rígida de poliestireno extrudido e=10cm
- L: Bastidor de tubo hueco de acero inoxidable
- M: Angular de acero
- N: Muro de hormigón armado e=30cm

La fachada ventilada crea una cámara de aire permeable, dado que las juntas son abiertas, con un aislamiento rígido y un sistema de anclaje de alta resistencia.



- A: Placa de terracota
- B: Perno de acero inoxidable con perfil incorporado, adheridos a la terracota
- C: Perfil horizontal de acero inoxidable
- D: Pinza de chapa doblada de acero, para evitar el vuelco
- E: Angular vertical galvanizado al que se ajusta el perfil horizontal con unos casquillos de medio IPE
- F: Casquillos
- G: Guía embutida en el muro.

Fuente: Tectónica 15

La fachada no presenta ese aspecto plano de simple aplacado debido a dos características fundamentales: las piezas van solapadas en vertical, lo que ofrece una imagen de piel escamada, y además, cada seis metros de altura, las piezas van reduciendo su tamaño, hasta la culminación de la torre. De esta manera las piezas mas grandes están mas cerca del faldón y las mas pequeñas en la cumbre. Las tonalidades fueron escogidas dentro de los colores propios de la arcilla y distribuidas de forma aleatoria, dejando de lado la pigmentación verde que se había propuesto al principio para evitar que contrastaran con el color del entorno.

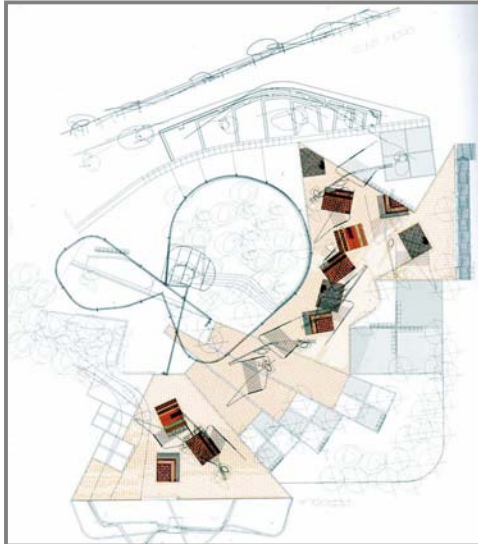


4.3. Dos ejemplos de Pavimentos en zonas urbanas de uso público

En este apartado se presentan dos obras de carácter urbano en espacios públicos de diferentes uso: un parque y una calle peatonal. La idea es aportar ejemplos de aplicaciones de piezas cerámicas en pavimentos, ejemplos que aportan usos y colocación innovadores en la utilización de la cerámica expuesta en planos horizontales a la intemperie y al desgaste del tránsito alto .

4.3.1. Parque Diagonal Mar (Estudio Miralles), Barcelona – España, 2002

El **Parque Diagonal Mar** es un gran parque ajardinado de 14 hectáreas, que conecta la ciudad con el mar dándole un remate a la Avenida Diagonal, y encontrándola con la playa y la calle Taulat. Cruza el Cinturón Litoral con un puente peatonal. Alrededor de un gran lago, se ha dispuesto una plaza seca como pistas de juego, para patinar, andar en bicicleta o caminar, alternada con zonas verdes y ajardinadas⁽⁵⁾.



Plano y vista del parque

El parque está zonificado en sectores que poseen pérgolas y jardineras también cerámicas, fabricadas en el **taller de Toni Cumella**, ceramista que se responsabilizó de la totalidad de las piezas de gres, utilizadas en este parque. Estas jardineras se unen entre sí por una estructura de caños de acero que distribuyen el agua de riego

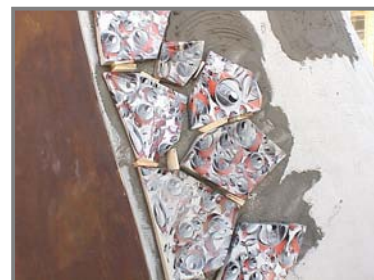
Las jardineras están revestidas con un moderno y sofisticado trencadis de piezas de **gres blanco volumétricas de formas irregulares**, fabricadas en 10 modelos de diferente diseño y tamaño **extrudidas y prensadas, esmaltadas por serigrafado de imágenes en cuatricomía** con motivos pop art.



Piezas



Fases de la colocación



Bajo las jardineras se colocaron, a modo de alfombras, *pavimentos de gres extrudido coloreado en masa* de **Cerámica Cumella**, que reproducen los antiguos pavimentos de terrazo del **estudio Miralles/Taglibue**. Estos pavimentos se caracterizan por su superficie porosa especialmente diseñados para dificultar la formación de charcos en días de lluvia⁽¹³⁾.



Suelo del estudio Miralles/Taglibue – Suelo del Parque

“La llegada de la vegetación y los caminos a los bordes del parque forman una serie de pequeñas plazas. En esos lugares, un conjunto de grandes vasos de cerámica se unen con la vegetación existente, en algo parecido al jardín de una casa.” – Enric Miralles



Fotos: Toni Cumella

Para estos suelos se fabricaron dos formatos de piezas en 10 colores diferentes: cuadradas de 0,20 x 0,20 m y triangulares de 0,20 m de lado en 14 colores diferentes.

4.3.2. Calle San Vicente de Burriana (Arq. José Durán), Castellón – España, 2007

El otro ejemplo de uso de piezas cerámicas para pavimentos en zonas urbanas de tránsito público, es la **calle San Vicente de Burriana**, cuya remodelación a cargo del arquitecto **José Durán** recibió el primer puesto en la entrega de los VI Premios Cerámica de Arquitectura e Interiorismo. El proyecto se llamó *“Colour Revolution”*, y se basó en la idea de oponerse al color gris-ocre general de la ciudad, además de hacer peatonal una calle que era la principal arteria del centro de Burriana y que estaba muy deteriorada.





La pieza escogida fue un “*adoquín*” *cerámico*, de gres extrudido de alta temperatura (1.250 °C), de 10 x 10 x 2,5 cm, ranurado en diente de sierra de 2 mm. El esmaltado en 6 colores (3 primarios y 3 secundarios), se realizó sobre toda la pieza y una vez seco, se limpió en los dientes, dejando esmaltadas solo las hendiduras para protegerlo del desgaste por el tránsito y para que los dientes fueran antirresbaladizos. Su fabricación también estuvo a cargo del **Ceramista Toni Cumella** y en su diseño también participó **ITC-Alicer**. Están colocados de forma alternada a 90º, lo que acentúa el efecto luz/sombra del sol. *Fuente: Revista Azulejo – edición internacional. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España*



Colocación de los pavimentos

Fotos: Toni Cumella

4.4. Mercado de Santa Caterina (Estudio Miralles), Barcelona – España, 2005

Este mercado fue construido en el año 1848 sobre las antiguas ruinas del convento gótico de Santa Caterina del S XVIII, antes de la demolición de las muralla en el año 1848, y de los restos de esta iglesia, se conservan el ábside de la Iglesia en la esquina de las calle Colomines y Giralt de Pellicer, y que está rehabilitado.



Durante las excavaciones para la reconstrucción del mercado se hallaron restos arqueológicos de la antigua ciudad romana, que se conservan y exponen bajo cristales.

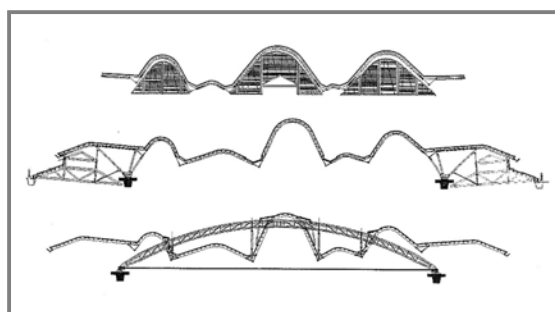
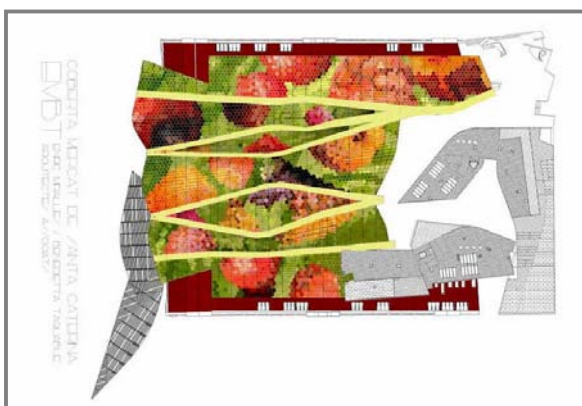
Fotos: María Celina Vacca

La idea original del proyecto parte de una crítica al planeamiento existente, proponiendo un modelo que se adapte a la complejidad del entorno, pero plantea el dilema de contraponer las ideas de rehabilitación y nueva construcción. Pero el resultado final no encaja con el concepto de restauración, aunque se conserven las fachadas, lo que hace que tampoco se puede hablar de una obra nueva.



El planeamiento funcional de mercado incluye, además de las funciones propias en la planta baja, tres niveles de subsuelos: el -3 destinado a la recogida neumática de residuos del barrio, y las -2 y -1 para parking de turistas. Así mismo, se conserva el ábside para su visita turística y un edificio de viviendas de 5 plantas.

Conservando las fachadas, el estudio del **arquitecto Enric Miralles** propone una cubierta ondulada de 5.500 m² que refleje la complejidad constructiva del conjunto. Es una gigantesca estructura donde se combina hormigón postensado, estructuras metálicas y una cubierta multicapa de madera, que se recubre con un manto de piezas cerámicas policromo realizado en su totalidad por el *ceramista Toni Cumella*⁽⁵⁾.

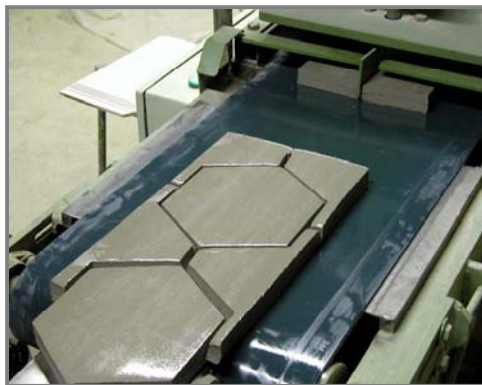


Planta, fachada y secciones de la cubierta

La propuesta de utilizar estas piezas parte de la intención reflejar la variedad de los colores de las frutas y verduras, en contraposición a la original cubierta de uralita; y además, por la adaptabilidad del uso de piezas cerámicas de pequeño tamaño que fueran aptas para recubrir una cubierta curva.

Las primeras pruebas que se hicieron para la concepción del revestimiento partieron de diferentes pruebas en photoshop, utilizando los puntos de color a modo de pixels con forma de hexágonos que se pudieran colocar sobre una malla, formada por pequeños hexágonos despleables.

Finalmente, se mandaron a fabricar las **piezas de gres extrudido cocido a altas temperaturas (1850º), hexagonales de 15 cm², en 67 colores, con esmalte brillante** que va desde el naranja y el verde, hasta el negro, todo un reto para el ceramista el hecho de conseguir que el color dado por el ordenador fuera exactamente igual al logrado con el esmalte⁽²⁸⁾.



Salida de la pieza de la extrusionadora.

Salen apareadas, unidas por las estrías en su reverso, y luego del esmaltado y la cocción son separadas con un golpe en seco



Secadero

Fotos: Toni Cumella

Cada "píxel" (200.000 en total) se compone de 36 a 40 piezas cerámicas, y mide 1 m². y va fijado a una malla de vinilo con un *holt melt* de poliuretano (resinas termoplásticas libres de solventes, 100% , que cuando están líquidas y solidifican al enfriarse sin producir ningún cambio químico y formando una unión fuerte a la mayoría de superficies. La mayor parte de la fuerza de pegado se logra en segundos, evitando sujetadores adicionales y permitiendo que la pieza pueda ser movida inmediatamente. Para respetar la imagen del dibujo del techo, los píxels iban numerados correspondiendo a su ubicación para respetar el diseño. Se fueron entregando por tandas de colores a medida que se iban colocando. Así, la fabricación de la totalidad del manto cerámico duró casi un año⁽¹³⁾.



Mostrario de colores con sus referencias y conformado de los mosaicos, los “pixels” hexagonales de piezas adheridas sobre la malla, armados en el taller de Toni Cumella.
Fotos: Toni Cumella

La colocación planteó otro desafío: aunque la cubierta estuviera reforzada en sus bordes por cantos de acero inoxidable, hay zonas donde se levanta. Para eso se utilizó un sistema de andamios móviles para que los colocadores pudieran subir con los palets agrupados por colores, y se utilizaron materiales adhesivos y de rejuntado de gran elasticidad para absorber los diferentes movimientos de un material flexible como la madera y de un material rígido como la cerámica.

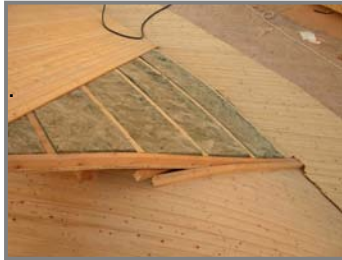
La colocación fue absolutamente manual, a cargo de 18 operarios. Al componerse la cubierta de otras cubiertas interiores, se decidió trabajar con un plano para cada uno, con sus baldosas correspondientemente numeradas. Se marcó el inicio de la colocación con un topógrafo, y a partir de ahí se lanzaba el píxel maestro.



Los sectores de cubierta que quedaban planos fueron revestidos con piezas rectangulares, y las uniones de los paños hexagonales con los rectangulares fueron resueltos con trencadís, también colocado a mano.

Fotos: Toni Cumella

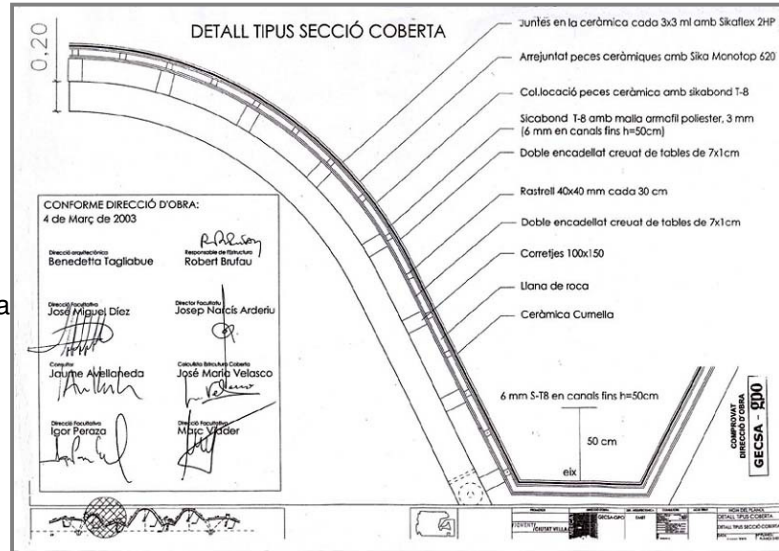
La firma *Ferdabal* se encargó de la colocación y puesta en obra y se decidió utilizar materiales de la fábrica *Sika®*, tanto el material impermeabilizante como el adhesivo, para lograr un perfecto anclaje sobre una cubierta con tantas curvas y ondulaciones. Se eligió un poliuretano, evitando usar cemento cola, con un altísimo poder de anclaje e impermeabilizante, en espesores de 4,5 a 6 mm.; y para el rejuntado, se utilizaron morteros convencionales.



Cubierta de madera multicapa



Productos Sika



Detalle constructivo⁽¹³⁾



Tareas de rejuntado



Vista parcial de la cubierta

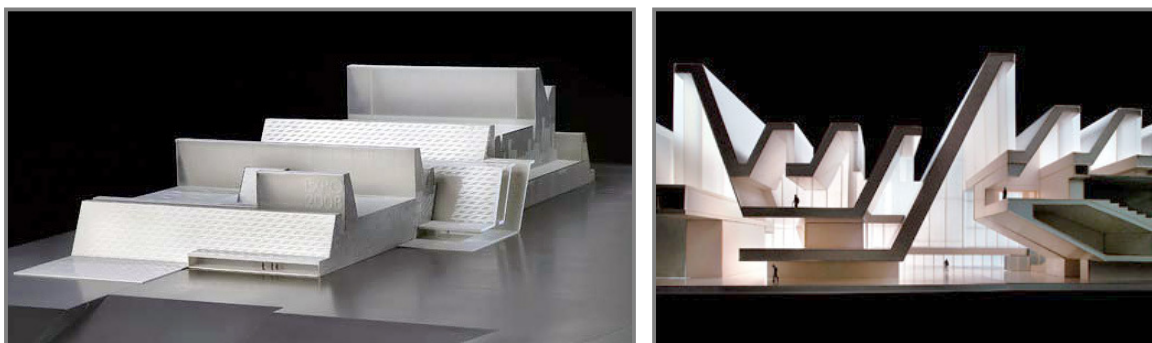
Fotos: Toni Cumella

Esta cubierta es el resultado de muchísimo tiempo de estudio e investigación puestos al servicio de la innovación en la utilización de un material tradicional y antiguo, sobre un soporte conflictivo, que exige no solo una respuesta adecuada del revestimiento en una superficie expuesta directamente a la intemperie, sino también una respuesta exitosa en cuanto a los sistemas de colocación, que serán los que absorberán las solicitaciones generadas entre la cerámica y la madera. Sumado a esto, también se obtiene un resultado estética

de importante calidad, aportando color, brillo y dinamismo en cuanto al diseño de la cubierta y su policromático lienzo ondulado, un mural horizontal que cubre como un manto todo el mercado haciendo una alegoría a su función.

4.5. Palacio de Congresos (Enrique Sobejano y Fuensanta Nieto), Zaragoza – España, 2008

El **Taller Cumella** también fue el encargado de la fabricación de las piezas para el **Palacio de Congresos en Zaragoza**, proyectado por **Enrique Sobejano y Fuensanta Nieto**. Para este proyecto se inspiraron en la Opera House de Sidney del arquitecto Hutzon, donde también se utilizan planos inclinados (curvos) ya que techo y pared conforman el mismo plano y están revestidos con *gres de bajísima porosidad esmaltada en tonos blancos*. Se compone de tres cuerpos principales, que albergarán auditorio, pabellón multiusos y salas modulares, comunicados a través de un gran vestíbulo. Este edificio presta especial atención al desarrollo sostenible, tema central de la cita del 2008. Su propia concepción arquitectónica, la iluminación y ventilación natural, y el empleo de materiales que favorecen las condiciones bioclimáticas generarán un ahorro energético considerable⁽²⁹⁾.

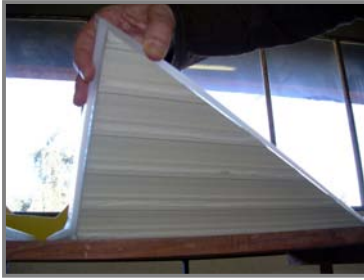


Maquetas: volumetría y sección ⁽²⁹⁾



Foto: Susana Entedaque

Las grandes superficies de las cubiertas se componen de plafones de GRC (micro-hormigón armado con fibra de vidrio), en las que van insertadas piezas cerámicas de *gres esmaltado (mate y brillante) extrudido*. Para una mejor manipulación en obra, se arman estos módulos de 4 piezas unidas con poliuretano y llevan una película plástica en su cara superior que es retirada una vez insertada en el plafón.



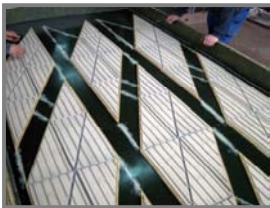
Pieza de gres esmaltado, con su junta de poliuretano y su reverso ranurado para una mejor adherencia al GRC



Módulo compuesto de 4 piezas de gres esmaltado con la junta de poliuretano y la película plástica extraíble ya listo para ser insertado en el plafón de GRC

Fotos tomada en Taller Cumella

Las placas cerámicas se arman en taller en módulos de 4 piezas unidas con poliuretano, entres ellas y al GRC. Los módulos se insertan en los plafones de a dos, invertidos, y el conjunto general ofrece un elegante color blanco, donde alterna el brillo del esmalte con las superficies mate del GRC. Cada pieza mide 21 x 42 cm (en sus catetos), son esmaltadas, y presentan ranuras en su cara inferior para una mejor sujeción al soporte.



Proceso de fabricación de los paneles de GRC con las piezas de cerámica insertadas en los módulos (Foto: Toni Cumella)

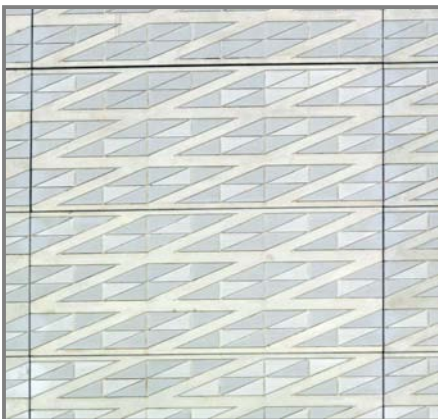


Foto: Toni Cumella

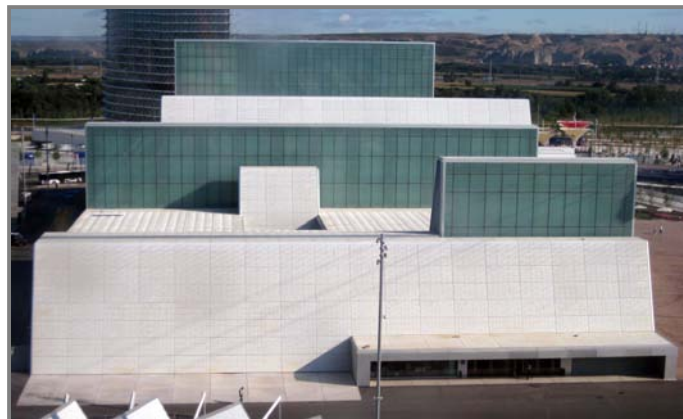


Foto: Susana Enfedaque

En este proyecto, además de las nuevas aplicaciones que se logran con las piezas cerámicas, también se innova en el diseño de fachada, combinando

CUARTO BLOQUE

las piezas de gres con otros materiales como el GRC, y aplicando el criterio de pre-construcción al llevar las placas ya armadas para ser montadas a pie de obra, ahorrando tiempo, mano de obra y todos los inconvenientes que implica la colocación in situ del trabajo en obra.



Fotos: Susana Enfedaque

5- Conclusiones parciales

En 1980 llega el gas natural a la Comunidad Valenciana y con esto una revolución para los hornos y los ciclos de cocción. Se alcanzan mayores temperaturas y ciclos continuos de producción. Esto sumado a las prensas cada vez mas potentes, aceleran las mejoras en la calidad de las piezas, ya hablando en términos de gres. Las porosidades llegan a mínimos nunca antes alcanzados y los espesores alcanzan los 3 mm. Los sistemas de decoración también se desarrollan de forma vertiginosa desde finales del SXX, y ya no se trata solo de un esmaltado o un sistema de estampación, sino que se llega a una decoración mecanizada con esmaltes aditivados con tecnología nanométrica, impresión controlada por sistemas informáticos, pulidos, tallados con chorro de arena (al tratarse de una piedra artificial, susceptible de recibir los mismos tratamientos de decoración superficial que la piedra para revestimientos), pigmentación con sustancias orgánicas, e incluso la coloración en masa de la misma baldosa y el trabajo especial en pavimentos, a la búsqueda de superficies antideslizantes. Aparecen baldosas autolimpiantes así también como la domótica aplicada a la cerámica, propiedades que antes ni se imaginaban.

A la par de este desarrollo productivo de piezas estandarizadas, también ha resurgido la función del ceramista, con la recuperación de la fabricación de la pieza solicitada por encargo. Aplicando los nuevos avances tecnológicos, el ceramista se ve posibilitado de responder a los requerimientos de fabricación de piezas personalizadas diseñadas especialmente para una obra en concreto, llegando a ofrecer como respuesta, verdaderas obras de arte.

Los sistemas de colocación empiezan a evolucionar a la par de los revestimientos, aparecen adhesivos cada vez mas potentes, y se tiende a la colocación en seco para acelerar los trabajos en obra, abaratar costes y lograr mas limpieza. Aparece la fachada ventilada y se concibe de forma conjunta revetimiento-colocación hablando ya no de un proceso, sino de un sistema integrado, ofrecido en conjunto por la misma fábrica. Ya en los últimos tiempos, asistimos también a sistemas de colocación en seco también para pavimentos.

A medida que avanzan los tiempos, los avances tecnológicos se aceleran de forma cada vez más vertiginosa, y en los últimos 30 años hemos sido testigos de progresos que antes nunca hubieran sido posibles, y España ha sido capaz de asumir estos avances colocándose en los primeros puestos de producción mundial.

Crece la preocupación por el medioambiente, las empresas y la industria se interesan por la conservación del hábitat y la normativa no solo se acota a la fabricación y colocación, sino también al tratamiento de desechos y al control de emisiones a aire y al agua.

Los arquitectos recurren a todos estos medios, se adaptan a los cambios ofrecidos por la técnica, y vuelven a demostrar un interés definido por la cerámica como lenguaje de la arquitectura, como había pasado en el primero período que hemos analizado. Se recupera ese interés por la expresividad del material, y se asocia a sus innovadoras prestaciones, haciendo de la elección

del revestimiento una manifestación de la arquitectura como arte y función en una sola expresión. En obras de vanguardia como el caso de las obras de Arata Isozaki o la Galería de Arte de Walsall la fachada ventilada se integra a un conjunto de construcción prefabricada que forman un sistema de construcción rápida, eficaz y con un acabado estético de alta calidad. También encontramos, por otro lado, un interés artístico en obras como el Mercado de Santa Catalina o el Parque Diagonal Mar donde se recurre al trabajo de artesanos ceramistas, recuperando la antigua tradición española del trabajo del artista enriquecida por los nuevos aportes tecnológicos. Esto crea una visión retrospectiva a la historia de la cerámica española recuperando la creatividad y el arte de mano de ceramistas industrializados, adaptándose a los nuevos tiempos, y demostrando que este país goza de la infraestructura tecnológica y una tradición que lo ponen puntero en la producción internacional.

También se vive en la actualidad un interés por centros especializados para la investigación y el desarrollo que están constantemente fomentando y difundiendo este material, formando especialistas y experimentando nuevos métodos y tecnologías de cara al futuro para continuar la labor de adaptar este material increíblemente versátil a las nuevas necesidades.

Alicer, Ascer, el IPC, la Diputación de Castellón, el ITC, la Universidad Jaume I, la Cátedra Cerámica de la Universidad Internacional de Barcelona, entre otras instituciones, sumado al trabajo de los grupos de investigación de las distintas fábricas, congresos y exposiciones como Qualicer y Cevisama, y el aporte e interés del sector profesional de arquitectos y constructores, están dando al mundo de la cerámica española un empuje fundamental de cara al mercado internacional, posicionándola en los primeros puestos de calidad mundial.

En este últimos años asistimos a un trabajo en conjunto de fábricas, arquitectos, investigadores e instituciones que trabajan en conjunto y se ponen a la par para lograr de los revestimientos cerámicos la mejor respuesta y alcanzar las mayores innovaciones.

Referencias

- (1) Porcar, J.L.: **Manual Guía Técnica de los Revestimientos y Pavimentos cerámicos** – Instituto de Tecnología Cerámica, Diputación de Castellón, 1986
- (2) Gomis Marti, J.M.: **Evolución Histórica del Azulejo en La Plana de Castellón en relación a materiales empleados, procesos, tecnologías aplicadas y entorno cultural** – Tesis doctoral presentada en la Universidad Politécnica de Valencia / Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 1987
- (3) **Guía de la Baldosa Cerámica** – Editada por Ascer (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos)
- (4) Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 2004, VIII Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico.**
- (5) **Moldear, Ensamblar, Proyectar la Cerámica en Arquitectura** - Publicado por Ascer (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos) – Editado por Armelle Tardiveau – 2006 (aprox)
- (6) Catálogo de ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico): **TRANS/HITOS: Nuevas Sendas Cerámicas_2005 – Muestra de Cerámica y Equipamiento** — Catálogo del stand presentado en CEVISAMA 2005, Valencia, España.
- (7) **Palacio de Cobgresos Peñíscola** – Editado por COMSA, Empresa Constructora - 2004
- (8) Web site Pabellón de España en Expo Zaragoza 2008:
[www.expozaragoza2008.es/docs/repositorio/sala_prensa/dossiers/dossier_pabellon de_espasa_sp.pdf](http://www.expozaragoza2008.es/docs/repositorio/sala_prensa/dossiers/dossier_pabellon_de_espasa_sp.pdf)
- (9) Barba, A. / Feliu, C., García, J. / Ginés, F. / Sánchez, E. / Sanz, V.: **Materias Primas para la Fabricación de Soportes de Baldosas Cerámicas** – ITC (Instituto de Tecnología Cerámica), Castellón, 1997
- (10) Web site del CTE (Código Técnico de la Edificación)
<http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>
- (11) Proceso de Fabricación de Baldosas Cerámicas: documento en PDF publicado por ASCER:
<http://www.spaintiles.info/documentos/proceso.pdf>
- (12) Publicación del Instituto de Tecnología Cerámica sobre legislación medioambiental, IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) y EPER (Inventario Europeo de Emisiones Contaminantes) - 2003
- (13) Presentación en PPS de Toni Cumella, acerca de las intervenciones y participaciones de **Cerámica Cumella** en diferentes obras nuevas y de restauración.
- (14) **Environmental Resource Guide**, American Institute of Architects ; U.S.A.1996
- (15) Vielhaber: **Tecnología de los Esmaltes** – Editorial Reverté S.A., 1961
- (16) **Mater / Nuevos Materiales – Nueva Industria (Centro de Materiales, Exposición y Tesis)** – Editado por FAD (Foment de les Arts y del Diseny) /Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Editor: Javier Peña) – Barcelona, España, 2008
- (17) Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 2006, IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico.**

- (18) Catálogo **Venatto**: Catálogo de pulidos del grupo **GrecoGres** en CD-Rom
- (19) Catálogo de ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico): **TRANS/HITOS: Armósferas_07 – Muestra de Cerámica y Equipamiento** — Catálogo del stand presentado en CEVISAMA 2007, Valencia, España.
- (20) Catálogo de ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico): **TRANS/HITOS: Redes – Muestra de Cerámica y Equipamiento** — Catálogo del stand presentado en CEVISAMA 2009, Valencia, España.
- (21) **Guía Electrónica de la Tecnología de la Colocación de Baldosas Cerámicas** – Publicado por Instituto de Promoción Cerámica (Diputación de Castellón) y la Consellería d'ocupació Industria y Comercio (Generalitat Valenciana), 1998
- (22) García Verduch, Antonio: **Colocación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos** – ITC (Instituto de Tecnología Cerámica), Castellón, 1993
- (23) Amoriza Cantero, Maribel / Molinero Redén, Sebastián: **Manual Técnico, aplicación de pavimentos y revestimientos** – AZ Publicaciones (2ª edición), España, 2005
- (24) Apuntes sobre **Material para Juntas Cerámicas** publicados por **ANFAPA** (Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales), publicados en internet.
- (25) Web site de Schlüter Systems
<http://www.schluter.es/>
- (26) Catálogo *Guía para la Colocación de Baldosas Cerámicas en Ambientes de Exterior con Riesgo de Helada*, TAU Cerámica, **TAU Cerámica** (España)
- (27) Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 1998, V Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico**, organizado por Cámara de Castellón y el Colegio oficial de Ingenieros Superiores Industriales
- (28) Revista **Tectónica 15 – Monografías de Arquitectura, Tecnología y Construcción** - ATC Ediciones, 2003
- (29) Web site “Urbanity.es”:
<http://urbanity.blogspot.com/2008/01/03/palacio-de-congresos-expo-zaragoza-2008-nieto-y-sobejano/>
- (30) Vicente Galvañ Llopis (Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valencia), Clase “*Pétreos Artificiales: Cerámicos*” Curso 2007/08 – Plan 2002.

**QUINTO BLOQUE:
CONCLUSIONES FINALES**

Conclusiones finales

A lo largo de mis estudios en esta tesis sobre los revestimientos cerámicos en la arquitectura, he hallado un conjunto de informaciones tanto sobre la utilización de la cerámica por parte de los arquitectos, como de la evolución de la tecnología de fabricación de los productos cerámicos, su puesta en obra, su diseño y las innovaciones y la aplicación en la arquitectura. Toda la información adquirida me ha permitido desarrollar una visión holística del mundo de la cerámica arquitectónica para llegar a una serie de conclusiones generales en una visión integradora de lo que ha ocurrido, está ocurriendo y posiblemente lo que ocurrirá en los próximos años. Algunas de estas conclusiones generales son las siguientes

Sobre de la metodología de la tesis

En principio se pensó desarrollar la tesis partiendo de 3 períodos analizando en cada uno la fabricación, la puesta en obra y la aplicación arquitectónica; basados en avances tecnológicos que definen puntos de inflexión que dan comienzo a cada época. Cada período se estableció de la siguiente manera: desde la Revolución Industrial hasta 1930, desde 1930 hasta 1980 (llegada del gas natural a la Comunidad Valenciana) y desde 1980 hasta nuestros días. Estos criterios han resultado acertados porque pueden establecerse los avances del mundo de la cerámica, estrechamente relacionados con los avances de la tecnología a nivel mundial y las exigencias arquitectónicas.

Al mismo tiempo, el estudio de cada período ha sido positivo porque ha permitido establecer paralelismos y comparativas entre cada ámbito: la fabricación y los productos, la colocación y la aplicación en la arquitectura. Des esta manera, se ha podido confrontar cuándo ha existido concordancia entre cada ámbito, y cuando se han producido desencuentros con la consecuente crisis para alguno de los subsectores.

Sobre la evolución de la utilización de la cerámica en España

La historia de la cerámica arquitectónica española, sustentada en una indiscutible tradición ceramista heredada del arte musulmán, ha atravesado épocas de florecimiento productivo y épocas en las que el producto cerámico ha quedado relegado al mero uso funcional en zonas de la vivienda donde ha sido insustituible. Períodos en que la arquitectura ha establecido un lazo irremplazable con el revestimiento como lenguaje de la envolvente, como el período del Modernismo y el florecimiento de las piezas diseñadas por encargo y períodos que han negado la envolvente exterior debido al rigor de algunas corrientes arquitectónicas que han valorizado la estructura desnuda y la función portante del edificio en detrimento del revestimiento (1939/1980).

Actualmente, y basándose en la tradición española y sus valores culturales, los avances tecnológicos alcanzados han colocado a España en una situación privilegiada, a la par que se ha desarrollado en el mundo entero un interés creciente por la cerámica.

A pesar de haber atravesado épocas oscuras en la producción, debido a crisis económicas paralelas a movimientos arquitectónicos que rechazaban la utilización de revestimientos, actualmente se ha despertado un creciente interés por parte de los diferentes subsectores del proceso productivo, los cuales han sido creados gracias a la diversificación de los avances tecnológicos producidos en los últimos tiempos a nivel mundial y nacional. Estos subsectores están especialmente motivados en desarrollar la investigación, planteándose futuras acciones y desafiando el reto que presenta un material versátil y adaptable a la tradición y la futuro.

Sobre la diversidad de piezas y productos

Cada período estudiado ha aportado al mercado diferentes productos según su uso.

En el primer período, el Modernismo nos ofrece una gran diversidad de piezas planas y volumétricas, y aunque se aplicaron distintos tipos de conformados (prensado, extrusión, moldeado o colado), las pastas cerámicas eran todas de la misma naturaleza. En el segundo período (1930/80), empiezan a aparecer las piezas con pastas más complejas con menores porosidades y prensas de mayor fuerza, pero el repertorio formal se pierde a favor de la producción seriada y se pierden también las técnicas artesanales de conformado. También se aprecia un desajuste en lo que refiere a sistemas de colocación, que quedan obsoletos al aplicarse los sistemas antiguos a las nuevas piezas de bajas porosidades. La falta de repertorio, asociada a los problemas de colocación, y a algunas teorías arquitectónicas que revalorizan la estructura desnuda, hacen que el recubrimiento cerámico pierda el protagonismo alcanzado en el período anterior.

Actualmente, en este último período, existe una enorme producción de piezas industrializadas estandarizadas, con altísimas prestaciones y porosidades casi nulas, siendo toda una revolución las dimensiones alcanzadas por estas piezas (3mm de espesor, por 3m de longitud y 1 m de ancho), gracias a que la tecnología aplicada al material ha ido acompañada por la tecnología aplicada en su fabricación: desde prensas con mayor poder de compactación hasta cintas transportadoras de grandes dimensiones. En el campo de la colocación también se ha alcanzado un gran desarrollo adaptando los sistemas a los nuevos productos con el aporte de profesionales que se han preocupado en integrar cada tipo de pieza con su correspondiente sistema de colocación, para evitar desprendimientos o patologías que echan a perder el resultado final. Las nuevas piezas exigen a la investigación y al diseño que se desarrollen sistemas de colocación adecuados y diseñados especialmente para estas piezas, o bien un sistema modular integrado: pieza más anclajes. El final feliz del revestimiento se basará entonces en la interacción de los profesionales que intervienen en este proceso: arquitecto – fabricante – colocador – controladores de producto final.

Las nuevas prestaciones de los revestimientos también exigen investigaciones, por ejemplo, en pavimentos, que respondan a las necesidades de transitabilidad, tanto en pavimentos técnicos, como en nuevos diseños ergonómicos, con productos “flexibles”.

Sobre la personalización de productos

A la vez, también asistimos a la recuperación de un elemento sumamente importante en la tradición española perdida durante el período 1930/80: las piezas personalizadas. En ellas trabajan el arquitecto, el diseñador y el ceramista, que han hecho posible la recuperación de las piezas tridimensionales, tan usadas en el Modernismo, y fabricadas en la actualidad con todas las ventajas que aportan las nuevas tecnologías. En el taller ceramista artesanal hoy en día se trabaja con maquinaria de última tecnología, sistemas informáticos, moldes realizados con sistemas control numérico. Es por eso que hoy encontramos conviviendo en el mercado dos grandes familias: las piezas estandarizadas, y las piezas personalizadas, ofreciendo un amplio abanico de usos funcionales y respuestas estéticas en el mundo de la arquitectura. Ejemplo de ello son las fábricas que ofrecen un sistema integrado de fachadas ventiladas, desde la estructura hasta la pieza de revestimiento, con mano de obra cualificada en su colocación; como así también talleres artesanos que usan tecnología de punta para la fabricación de piezas tridimensionales especialmente diseñadas por el arquitecto, para un edificio en particular.

Sobre la puesta en obra

Los sistemas y materiales de colocación que se han aplicado a los recubrimientos cerámicos han sido los mismos que se han aplicado para otros revestimientos planos. Así podemos observar desde el primer período cómo han ido adaptándose los morteros que se usaban a la baldosa hidráulica a los azulejos y baldosas cerámicas sin mayores complicaciones.

A partir del segundo período, aparecen las piezas de bajas porosidades y los morteros han debido introducir materiales que hicieran que la sujeción pasara de mecánica (por incrustación del mortero en las costillas posteriores de la baldosa) a química (por adherencia). Las innovaciones en las pastas cerámicas exigen a la colocación que se adapte a las nuevas necesidades, produciéndose un desajuste evolutivo entre ambos campos. Los desprendimientos y patologías producidas por estos desencuentros han ido en detrimento del material cerámico.

Al llegar a la actualidad, aparecen las placas cerámicas con porosidades casi nulas y espesores mínimos, y la colocación experimenta una importante evolución. A los materiales de adherencia con aditivos de grandes prestaciones, se suman los sistemas de colocación “en seco” y sistemas modulados y ventilados con sujeciones mecánicas. Y aún así, estos sistemas de colocación también son los mismos que se utilizan para otros revestimientos planos de poco espesor y porosidad. Afortunadamente, el material cerámico es un material versátil que goza de la ventaja de la adaptabilidad de los sistemas aplicados a otros materiales.

También encontramos que los mismos organismos y centros de investigación dedicados al mundo de la cerámica invierten gran parte de su trabajo en descubrir y diseñar nuevos sistemas y materiales de sujeción, y fomentando la formación profesional de mano de obra cualificada. Así, las fábricas proponen la pieza cerámica adecuada a cada uso, su puesta en obra y el

equipo de colocación especializado en un mismo sistema integrado para evitar errores en alguno de los tramos de ejecución y garantizando el resultado final.

Como observación de la puesta en obra, las tendencias actuales parecen inclinarse hacia el campo de la prefabricación, la modulación y los sistemas en seco, adaptando cada tipo de colocación a una tipología de pieza cerámica específica. Y esto se aprecia tanto en las fábricas de piezas estandarizadas como en las piezas personalizadas, donde el arquitecto/diseñador proyecta un sistema integrado de pieza/sujeción.

Sobre la sostenibilidad

Otro tema que interesa al mundo de la cerámica, es el despertar de una conciencia por el cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad al que hemos asistido en los últimos tiempos. El sector cerámico no se ha quedado al margen de esta problemática, y aunque se ha ido intentando reducir la contaminación (eliminación del uso de metales pesados en los esmaltes, reducción de emisiones) se han desarrollado leyes que aún no son suficientes. Los sectores implicados en este tema, exigen y se lanzan a la búsqueda de medidas preventivas para lograr mayor eficiencia en la reducción de residuos gaseosos, líquidos y sólidos, y minimizar el uso de agua y energía, incluyendo la contaminación proveniente del transporte de materiales. En este sentido la industria cerámica española se encuadra en el ámbito de la Directiva 96/61/CE del Consejo, que refiere a la prevención y control integrados de la contaminación, mas conocida como la IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control).

A nivel de la Unión Europea, el Reglamento CEE 880/1992 establece una etiqueta ecológica comunitaria para definir, promocionar y garantizar los productos ecológicos como “inofensivo o respetuoso para/con el medio ambiente”. La Comisión de la Etiqueta Ecológica de la Unión Europea publicó la Decisión 2009/607/CE* para la categoría de productos de “revestimientos rígidos” que persigue la disminución de impacto en los hábitats, reducción del consumo de energía y vertidos tóxicos o contaminantes, reducción de uso de sustancias peligrosas en materiales y en productos acabados, seguridad y ausencia de riesgo para la salud en el entorno vital y la divulgación de información que permita a los consumidores la utilización del producto de una manera eficiente que minimice el impacto general en el medio ambiente. De a poco, las empresas españolas se van integrando a estos conceptos de sostenibilidad en los procesos de producción con el fin de preservar el medio ambiente.

Dada la preocupación por aportar beneficios al medio ambiente varias empresas centran la investigación en la búsqueda de un producto que ofrezca prestaciones medioambientales como la captación de energía solar, la autolimieza, la adaptación bioclimática, etc. que participen del proyecto de la vivienda sostenible.

* Fuente: Decisión de la Comisión Europea 2009/607/CE, del 9 de Julio de 2009 por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a los revestimientos rígidos (notificada con el número C (2009) y Anexo). Diario oficial de la Comisión Europea (ES), 12/08/2009.

Sobre el recubrimiento cerámico en la arquitectura

A través de los distintos períodos históricos, la arquitectura se ha servido de la cerámica como lenguaje expresivo de los diferentes estilos. Tanto en el Modernismo y su exaltación del revestimiento, como el racionalismo y la negación del mismo – relegado a zonas de la vivienda donde ha sido insustituible, y por esta razón, conservando su altísimo valor utilitario – la cerámica se ha convertido en el revestimiento por excelencia, en la envolvente que habla como piel y textura que protege, enmascara y decora, y en la negación del mismo para despojar al edificio de toda máscara.

Llegamos entonces a la actualidad, cuando presenciamos el renacer de este lenguaje expresivo, de la fachada tridimensional personalizada y artística, hasta la fachada ventilada estandarizada, autoportante, y de altísimas prestaciones técnicas. Las tendencias arquitectónicas actuales parecen retomar el camino de la integración de los valores de la envolvente y del lenguaje expresivo de la arquitectura interpretado por la piel del edificio. Esto se ha logrado gracias a la interacción conjunta de los distintos profesionales intervinientes en el proceso constructivo del proyecto arquitectónico: arquitecto – diseñador – fabricante – colocador, para que el resultado final sea óptimo. Por otra parte, el sector productivo deberá tener especial cuidado de no repetir el error de saturar el mercado cerámico, como hemos visto en etapas anteriores, para que se alcance completamente la integración del valor artístico y plástico con los nuevos productos de alta tecnología en el lenguaje de la cerámica arquitectónica.

La utilización de la cerámica en espacios públicos también es un hito del último período, logrado gracias a la fabricación de nuevos pavimentos ergonómicos, adaptados al tránsito público, estudios de transitabilidad, pavimentos adaptados para discapacitados, etc. Y también se ha constatado el interés de diferentes arquitectos que han recurrido a él por su altísimo valor estético, acompañado por estos innovadores productos y sus sistemas de colocación resistentes a la exposición a la intemperie, como el caso de la Calle de Burriana (Arq. José Duran) o el reciente Proyecto de Paseo Marítimo de Benidorm (Carlos Ferrater)..

Sobre los polos de desarrollo e investigación tecnológica

Castellón es la zona geográfica donde actualmente se centra la mayoría de las actividades relacionadas con el mundo de la cerámica en España y son esta provincia y su diputación quienes más están invirtiendo en materia de investigación y difusión. Instituciones como el IPC (Instituto de Promoción Cerámica), el ITC (Instituto de Tecnología Cerámica), la Universidad Jaume I, ALICER, ASCER, PROALSO, una gran red de Cátedras de Cerámica de distintas universidades (Universidad de Madrid, Universidad Internacional de Cataluña, etc.) entre otras, colaboran año tras año en congresos y exposiciones de la talla de QUALICER y CEVISAMA, eventos de trascendencia internacional.

Investigadores, industriales, fabricantes, diseñadores, arquitectos, ingenieros, promotores y artesanos están trabajando en conjunto lanzados a la búsqueda de soluciones para los desafíos que plantea la cerámica como un

material que en los últimos años se ha adaptado a requerimientos nunca antes imaginados, y como material que pueda cubrir aún mas campos de utilización. Estamos en un punto de inflexión en el planteamiento de todo lo logrado hasta el día de hoy, los problemas que se derivan y sus posibles soluciones, y lo que se espera de cara al futuro.

Sobre la difusión de la información

Así y todo, estos progresos en el mundo cerámico no podrían subsistir sin el apoyo del sector de la comunicación. Es necesaria la difusión de toda esta información, y no es suficiente la que se distribuye desde las empresas sobre productos y procesos tecnológicos; también es imprescindible que se desarrollen y fomenten medios de difusión e incentivo para despertar el interés en la población, y así llegar desde el consumidor hasta al profesional. Por eso, todos los profesionales que intervienen en el proceso productivo, están lanzados a la búsqueda de un producto “sensible”, que emocione, que motive tanto al fabricante como al consumidor, y que despierte en todos los sectores la atención que la cerámica se merece. Para llegar con estos productos a todos los sectores de la sociedad se cuenta, no solo con la información que ofrecen las empresas, sino con publicaciones como la revista Azulejo o Técnica cerámica, entre otras, a la vez que se está desarrollando una red de difusión en internet, y que todavía no ha sido debidamente explorado.

En este campo, los aportes de congresos, convenciones y foros son fundamentales en la difusión de los nuevos avances para que la información llegue a los sectores profesionales mas comprometidos con el tema. En el Congreso Internacional Qualicer 2010, forum en el que fue presentado un resumen de esta tesis, se presentaron 72 ponencias, 65 posters, 8 conferencias, 1 mesa debate y 1 taller práctico. Así, cada dos años, este forum hace un compendio de los nuevos avances y se lanzan a la difusión para que llegue a todos los sectores.

Sobre la situación del mercado español en el contexto internacional

Otro fenómeno que estamos presenciando, es el despegue internacional de España como país productor. Si hasta 1990 Italia llevaba el liderazgo en fabricación y maquinaria, a partir de ese año España ha superado este punto en los subsectores productivos de baldosas y fritas, con Castellón como principal centro productor. Esto ha colocado a España en el segundo puesto a nivel mundial con una producción anual de 650 millones de m² hacia el año 2003, superada solo por China y seguida por Italia y Brasil. A partir de esta fecha, la producción ha ido descendiendo paulatinamente, hasta el 2008 con una producción de 424,7 millones de m² y exportando a 179 países. La crisis mundial ha afectado profundamente la sector cerámico, y en al cierre del 2009 la producción se ha reducido en un 36,1% y las exportaciones en un 26,1%*.

Para superar esta crisis será necesario, tal vez, afrontar una tercera reconversión industrial que dé empuje a la producción encarada de forma

* Fuente: ASCER – Revista “Nuevo Azulejo”/anuario 2010

diferente a la producida entre los años 1960/80. En aquella época, se cerraron fábricas, pero la producción fue absorbida por las fábricas que permanecieron activas, mientras que actualmente el cierre de fábricas ha ido acompañada por la baja de producción y la consecuencia de un creciente desempleo.

Los fabricantes se plantean el desafío de recuperar el puesto perdido e intentar superar la producción china, aunque es visible y tangible la diferencia de calidad de producto y de investigación tecnológica entre el gigante asiático y España.

Prospectiva

Las profundas transformaciones que ha sufrido y que sufrirá la cerámica es un tema que interesa al mundo de la arquitectura, como material que puede generar una plástica plana o con volúmenes con un alto nivel de precisión. Es real y tangible el potencial que tiene España de cara a su papel dentro de la competitividad del mercado internacional, de generar un producto de un alto valor añadido que emocione al mundo de la arquitectura y de respuesta a las nuevas tendencias y necesidades tanto estéticas como funcionales que han aparecido en los últimos años. Algo más que una mera piel de revestimiento, que interprete el lenguaje de las nuevas motivaciones, tanto tecnológicas como medioambientales. Se puede decir que la cerámica al igual de lo ocurrido con otros materiales se adapta a las necesidades arquitectónicas del presente y tiene claro cómo debe desarrollarse para continuar siendo un material competitivo en el futuro.

Reflexión final

A través del análisis histórico y el análisis del material como producto, esta tesis demuestra que España se ha convertido en uno de los principales países productores, y prometedor de alcanzar un desarrollo tecnológico de punta de cara al futuro, basado en su tradición cerámica que ha servido de soporte para que, con mayor o menor desarrollo de su tecnología según el período histórico que le haya tocado vivir; y apoyado en el interés y fomento de los diferentes sectores que componen el mundo de la cerámica arquitectónica.

En mi experiencia personal he mantenido contacto permanente con diferentes personas comprometidas e integradas al mundo de la cerámica, en relación directa con fábricas, talleres, centros de investigación, arquitectos, fabricantes, colocadores, editores de revistas y comunicaciones, todos ellos relacionados con organismos de investigación y trabajo, y participación en congresos y convenciones. Personas que me han demostrado el trabajo incansable que conlleva el movimiento continuo por mantener vivo el desarrollo creciente y el interés por seguir desarrollando e integrando el recubrimiento cerámico a la arquitectura, en labor conjunta; e intentando mantener a España como país puntero en tecnología en estrecha relación con el mundo de la cerámica. Esta tesis ha podido ser realizada gracias al inapreciable aporte de estas personas.

Con esta tesis espero despertar el interés de nuevas generaciones y dejar abierto el camino a que se continúe investigando motivando a los próximos profesionales a incursionar y a abrir de cara al futuro nuevas ramas de las aplicaciones de un material versátil, capaz de reinventarse a sí mismo y de adaptarse a las nuevas necesidades arquitectónicas.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Alvarez-Estrada, Demetrio: ***Aplicación de revestimientos cerámicos en exteriores. Su problemática y soluciones*** – Patronato de Investigación Científica y Técnica “Juan de la Cierva” del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1972.

Amoriza Cantero, Maribel / Molinero Redén, Sebastián: ***Manual Técnico, aplicación de pavimentos y revestimientos*** – AZ Publicaciones (2ª edición), España, 2005

Antoni González, Raquel Lacuesta: ***Barcelona 1929-1994. Guia d'arquitectura.*** –Barcelona - Editorial Gustavo Gili, 1995.

Artucio Urioste, Alejandro: ***El Azulejo en la Arquitectura del Río de la Plata, siglos XVIII y XIX*** – Publicación de la Junta de Andalucía y la Intendencia Municipal de Montevideo, 1997

Artucio Urioste, Alejandro: ***El Azulejo en la Arquitectura Uruguaya, siglos XVIII, XIX y XX*** – Publicación de la Intendencia Municipal de Montevideo, Uruguay, 2004

Barba, A. / Feliu, C., García, J. / Ginés, F. / Sánchez, E. / Sanz, V.: ***Materias Primas para la Fabricación de Soportes de Baldosas Cerámicas*** – ITC (Instituto de Tecnología Cerámica), Castellón, 1997

Barberot, E.: ***Tratado Práctico de Edificación*** – Editor Gustavo Gili, 1921

Basel Boston Berlin: ***Alvar Aalto – Volumen I 1922 - 1962*** – Editorial Birkäuser Verlag, 1995

Basel Boston Berlin: ***Alvar Aalto – Volumen II 1963-1970*** – Editorial Birkäuser Verlag, 1995

Benavent, Pedro: ***Como debo Construir*** – Editorial Bosch, Barcelona, 1939

Benavent, Pere: ***Com he de Construir***, Barcelona, 1934

Bergón Massó, Juan: ***Gaudí, el hombre y la obra*** – Univerisidad Politécnica de Barcelona, 1974

Bernabei, Giancarlo: ***Otto Wagner*** – Editorial Gustavo Gilli, S.A.

Bush-Brown, Albert: ***Louis Sullivan*** – George Braziller, Inc. – Nueva York, 1960
Carlos Flores Lopez: ***Arquitectura española Contemporánea*** – Editorial Aguilar, 1961

Carlos Flores Lopez: ***La Arquitectura de Barcelona*** – Editorial Madrid Hogar y Arquitectura, 19??

Cátala Roca, Francesc y Alvarez, Fernando: **La Ricarda** – Publicación del Colegio de Arquitectos de Catalunya, 1996

Cerámica para Revestimientos, Tipologías y Aplicaciones – COAAM (Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Mallorca), 1999

Chris Letteri: **Ceramics. Materials for Inspirational Design** – Publicado por RotoVision S.A., Londres, 2003

Crespo Cortés, M. Dolores: **Solados y Alicatados** – E.C.U. (Editorial Club Universitario), 2003

Crosas, Jaume / Armengol, Manel: **El Palau de la Musica Catalana** – Ediciones Caixa Terrassa, 1987

De Cusa, Juan : **Revestimientos** – Ediciones CEAC S.A., 1983

De Cusa, Juan : **Revestimientos Interiores y Exteriores** – Ediciones CEAC S.A., 1973

De Cusa, Juan: **Colocación de Alicatados** – Ediciones CEAC S.A., 1993

De Cusa, Juan: **Revestimientos 2** – Ediciones CEAC S.A., 1995

Diderot, Denis: **A Diderot Pictorial Encyclopedia of Trades and Industry – Manufacturing and the technical Arts in Plates Selected from “L’Encyclopedie, ou Raisoné des Sciences, des Arts, et des Métiers” of Denis Diderot** – Dover Publications, Inc., 1959

Eduardo Montero Fernández de Bobadilla: **Manual Básico – Fachadas Ventiladas y Aplacados, Requisitos Constructivos y Estanqueidad** – Editado por la Consejería de Obras Públicas Vivienda y Transporte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, 2007

Emiliani, T.: **La Tecnología Cerámica Ilustrada** – Fratelli Lega Editori, 1957

Emma del Carmen Vazquez Malagón: **Materiales Cerámicos: Propiedades, Aplicaciones y Elaboración** – UNAM, 2005
Environmental Resource Guide, American Institute of Architects ; U.S.A.1996

F. H. Norton: **Cerámica Fina, Tecnología y Aplicaciones**. Editorial Omega – España, 1988

Fanelli, Giovanni / Gargiani, Roberto: **El Principio del Revestimiento** – Ediciones Akal, 1999

Feliu Franch, Joan: **La Cerámica Arquitectónica de Onda en S XIX** – Resumen de la tesis doctoral presentada en la Universidad Jaume I, 1998

Foerster, M. : **Materiales de Construcción** – Editorial Labor, S.A., 1935

Ford, Eduard R.: *The Details of Modern Architecture* – Editorial M.I.T. - Cambridge, Massachusetts – London, 1989 – 1996
G. Semper: *Der Stil*, 1860.

G. Semper: *Die Vier Elemente der Baukunst* - Braunschweig, 1851.
García Verduch, Antonio: *Colocación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos* – ITC (Instituto de Tecnología Cerámica), Castellón, 1993

Gomis Marti, J.M.: *Evolución Histórica del Azulejo en La Plana de Castellón en relación a materiales empleados, procesos, tecnologías aplicadas y entorno cultural* –

Tesis doctoral presentada en la Universidad Politécnica de Valencia / Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 1987

Güell, Xavier: *Gaudí* – Editorial Gustavo Gili, S.A., 1986

Guía de la Baldosa Cerámica – Editada por Ascer (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos)

Gustavo Coderch – Carles Fochs: *Coderch: La Barceloneta* , 1997

Hoffman, Julius: *Fassaden* - Edit. Klisschees E. Sautter – Stuttgart, Alemania, 1973

Horvart Pintaric, H.: *The Architecture of Otto Wagner* – Studio Editions, Londres, 1989

Ignasi de Solá-Morales: *Eclecticismo y Vanguardia: el caso de la arquitectura moderna en Cataluña* – Editorial Gustavo Gili, 1980

J. A. Coderch de Sentmenat: *Coderch 1913 – 1984* – Editorial Gustavo Gili S.A., 2004

J.M. Rincón / M. Romero / M. Jordán / J.P. Gutiérrez: *Materiales Inorgánicos en la Construcción para el Siglo XXI (Cerámicos, Vidrios, Piedra Natural y sus Composites)* – Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja C.S.J.C, 2001

Jones, Peter: *Ove Arup: Masterbuilder of the Twentieth Century.* - Yale University Press, 2006.

José Antonio Coderch y Manuel Valls: *Edificio de Viviendas en La Barceloneta, 1951 – 1955* – Edición del Colegio de Arquitectos de Almería, 1996

Kent, Conrad / Prindle, Dennis: *Hacia la Arquitectura de un Paraíso: el Parc Güell* – Hermann Blume Ediciones, 1992

Larry Millet: *The Curve of the Arch* - Minnesota Historical Society, 1985

Larry Millet: ***The Curve of the Arch*** - Minnesota Historical Society, 1985

Manuel Pardo, D.: ***Materiales de Construcción*** – Imprenta y Fundación de Manuel Tello, 1885

Mari, Eduardo Ambrosio, ***Los Materiales cerámicos: un enfoque unificador sobre las cerámicas tradicionales y avanzadas, los vidrios, los cementos, los refractarios y otros materiales inorgánicos no metálicos*** - Buenos Aires Alsina cop., 1998

Mater / Nuevos Materiales – Nueva Industria (Centro de Materiales, Exposición y Tesis) – Editado por FAD (Foment de les Arts y del Diseny) /Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Editor: Javier Peña) – Barcelona, España, 2008

Matthews, Phillip: ***The Sydney Opera House*** – Bartel Collectors World (1993)

Moldear, Ensamblar, Proyectar la Cerámica en Arquitectura - Publicado por Ascer (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos) – Editado por Armelle Tardiveau – 2006 (aprox)

Morales Güeto, Juan: ***Tecnología de los Materiales Cerámicos*** – Editorial Diaz de Santos – Madrid, España, 2005

Mouliney Gerard: ***Carrelages et Faiences – Technique de la Fabrication des carreaux de Gres*** – Editorial H. Dunot et E. Pinat, 1914

Nadal Mora, Vicente: ***El Azulejo en el Río de la Plata, S XIX*** – 1949

Palomari, C. / Tirelli, G.: ***I Ceramiche Speciali*** – La Cerámica nº1, Enero/Febrero, 1986

Pellicer Daviña, Emilio: ***Pavimentos*** – CIE dossat, 2000, 2003

Porcar, J.L.: ***Manual Guía Técnica de los Revestimientos y Pavimentos cerámicos*** – Instituto de Tecnología Cerámica, Diputación de Castellón, 1986

Publicación del Colegio de Arquitectos de Cataluña: ***Coderch: La Barceloneta*** – Editorial Actar, 1997

Radovanovic, Elisa / Tartarini, Jorge: ***El Palacio de las Aguas*** – Publicación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) / Instituto de Investigaciones Geohistóricas (IIGHI), Argentina.

Robusté, E. : ***El horno túnel al alcance del ceramista y del ladrillero*** – Ediciones CEAC, 1969

Sarnitz, August: ***Otto Wagner*** – Tashken, 2005

Soler Ferrer, M.P./ Pérez Camps, J.: **Historia de la Cerámica Valenciana** – Valencia Vicent García Editores, España, 1987-1992

Timo Koho: **Alvar Aalto** – Urban Finlan, 1995

Van Zanten, David: **Sullivan's City, the meaning of ornament for Louis Sullivan** – W. W. Norton & Company – New York & London , 2000

Vidal Y Martí, J.: **Manual Completo de Cerámica o fabricación de toda clase de objetos de tierra cocida** – Tomo II - 1935

Vielhaber: **Tecnología de los Esmaltes** – Editorial Reverté S.A., 1961

Weingarden, Lauren: **Louis H. Sullyven: The Banks** – Massachusetts Institute of Technology, 1987

Revistas

Arquitectura Nº 3 (Marzo 1959)

Arquitectura Nº 76 (Abril 1965)

Azulejo – *distribución y colocación*. Número 53. Revista editada por Publica, S.L., Barcelona, España, 1º trimestre del 2005

Azulejo – *distribución y colocación*. Número 54. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España, 2º trimestre del 2005

Azulejo – *distribución y colocación*. Número 57. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España, 1º trimestre del 2006

Azulejo – *distribución y colocación*. Número 65. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España, 1º trimestre del 2008

Azulejo – *edición internacional*. Número 125. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España, 2004

Azulejo – *edición internacional*. Número 129. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España, 2004

Azulejo – *edición internacional*. Número 137. Editada por Publica, S.L., Barcelona, España, 1er trimestre 2008

Carnet de Reserches - CRAFT (Centre de Resercheche sur les Art du Feu et de Terre) - Limoges, Francia, 1996

Ceramic Network 1999 - CRAFT (Centre de Resercheche sur les Art du Feu et de Terre) - Limoges, Francia, 1999

Cerámica Información – *Revista Mensual Técnica de Cerámica, Ladrillos y Refractarios*. Faenza Editrice Inbérica (Especial CEVISAMA) Marzo de 2004.

Cerámica Plus - Editada por Reed Business Information, 2005

Cerámica Plus - Editada por Reed Business Information, 2008

CIC Arquitectura y Construcción. Editada por el Grupo GrecoGres Internacional, s.l., Enero 2009

Cuadernos de arquitectura y urbanismo Nº 35 (1959)

Cuadernos de arquitectura y urbanismo Nº 62 (1965)

El Croquis nº 34. Madrid, mayo-julio 1988

L'aventure Ceramique – Exigences et Applications des Céramiques techniques – CRAFT-production, Limoges, France, 1996

Nuevo Azulejo – Arquitectura, Interiorismo, Baño y Cocina. Número 141. Editada por Publica S.L., Barcelona, España, Enero/Febrero 2009

Patrimonio histórico: El Palacio de Aguas Argentinas, de Jorge Tartarini, director del Museo Patrimonio Histórico-Aguas Argentinas (Argentina)

TC – Técnica Cerámica. Número 132. Empresa Periodística Publica S.A. Enero/Febrero 2004

TC – Técnica Cerámica. Número 360. Empresa Periodística Publica S.A. Enero/Febrero 2008

TC – Técnica Cerámica. Número 370. Empresa Periodística Publica S.A. Enero/Febrero 2009

Tectónica 15 – Monografías de Arquitectura, Tecnología y Construcción - ATC Ediciones, 2003

Tectónica 18 – Rehabilitación (I) Estructuras - ATC Ediciones, 2005

The Sydney Opera House – Bartel Collectors World (1993)

Catálogos:

ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico):
TRANS/HITOS: Nuevas Sendas Cerámicas_2005 – Muestra de Cerámica y Equipamiento — Catálogo del stand presentado en CEVISAMA 2005, Valencia, España.

ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico):
TRANS/HITOS: Armósferas_07 – Muestra de Cerámica y Equipamiento — Catálogo del stand presentado en CEVISAMA 2007, Valencia, España.

ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico): **TRANS/HITOS: Nómadas** – *Muestra de Cerámica y Equipamiento* — Catálogo del stand presentado en CEVISAMA 2008, Valencia, España.

ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico): **TRANS/HITOS: Redes** – *Muestra de Cerámica y Equipamiento* — Catálogo del stand presentado en CEVISAMA 2009, Valencia, España.

Aplicaciones de Porcelánico en Fachadas Ventiladas, **TAU Cerámica** (España, 2004)

Base Técnica de la Construcción “Construnario”, 2009

Boote's tiles T & R Boote Ltd. Patent Tile Work, **T & R Boote Ltd** - Buslem, England (Reino Unido, 1907)

Catálogo de Azulejos Franceses del S XIX hallados en Uruguay, Argentina y Brasil, **Artucio Urioste, Alejandro**. Publicación del Museo del Azulejo, Intendencia Municipal de Montevideo y Metzen y Sena S.A. (Uruguay, 1998).

Catálogo Técnico, Favetón – Sistema de fachada ventilada cerámica (España, 2004)

Catálogos **Kerlam** de productos de adherencia y rejuntado, 2009

Drysystem, **TAU Cerámica** (España 2007)

Frontek, Cerámica Tecnológica en Fachadas, **Grupo Greco Gres Internacional S.L.**, 2008-2009.

Guía de Productos Sika, **Sika** (España, 2006)

Guía para la Colocación de Baldosas Cerámicas en Ambientes de Exterior con Riesgos de Helada, **TAU Cerámica, TAU Cerámica** (España)

Guía para la elección, Colocación, Mantenimiento y Limpieza del Gres Porcelánico de Tau Cerámica, **TAU Cerámica** (España)

Guía Weber Cemarsa 2005 (España)

IntegraPlus, Catálogo de fachadas y suelos, **Alcalagres**, 2008

Kerlite, Minerale Cerámico, **Cotto d'Este** (Italia, 2004)

Manual de Colocación, Fábrica **Natucer** (España, aprox. 1980)

Manual para la Colocación y Rejuntado de Cerámica, **Grupo Puma**, 2009

Palacio de Congresos Peñíscola – COMSA, Empresa Constructora - 2004

Pret A Porter, de **Roca, Cerámicas del Foie S.A.** 2008

Revestimientos Exteriores con Adherencia Directa de Azulejos Cerámico, Piedra y Ladrillos Caravista, Manual de diseño técnico – **Laticrete Internacional** (U.S.A., 1998)

Schlüter Systems – BEKOTEC-THERM.

Sistema de Fachadas Ventiladas, **Ferrogres**, distribuidores exclusivos de **Agrob Buchtal**, 2008

Sistemas para recubrimiento de fachadas – Front System, de S3 (Smart Surface Systems) – **TAU Cerámica**, en colaboración con el ITC (Instituto de Tecnología Cerámica), ALICER y Atersa (Electricidad Solar) – 2008.

Sistemi de Pavimentazione Sopraelevata, **Intec** (Italia, 2007)

Tile Book. Ceramic Mosaic Tile Floors, White Glazed Sanitary Wall Tile, Imported Welsh Quarry Tile, Glazed and Unglazed Mantel Tile, **Sears, Roebuck and Co.** – Chicago (U.S.A., 1929)

Venatto: Catálogo de pulidos del grupo **GrecoGres** en CD-Rom

Otras consultas:

Apuntes de la Jornada Técnica sobre **Pavimentos cerámicos sobre Soleras Jóvenes – Soleras flotantes Prefabricadas**, Mayo 2000, Castellón, Valencia, España. Organizada por PROALSO (Asociación Profesional de Alicatadores/Soladores)

Apuntes sobre **Material para Juntas Cerámicas** publicados por **ANFAPA** (Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales), publicados en internet.

Apuntes y asistencia a la Jornada Teórico-Práctica sobre **Porcelana Laminada LAMINAM**. Mayo 2000, Castellón, Valencia, España. Organizada por PROALSO (Asociación Profesional de Alicatadores/Soladores)

Artículo del Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio: “**Fricción y Desgaste de Baldosas Cerámicas de Gres de Monococción y Gres Porcelánico**” – 2005

Guía Electrónica de la Tecnología de la Colocación de Baldosas Cerámicas – Publicado por Instituto de Promoción Cerámica (Diputación de Castellón) y la Consellería d’ocupació Industria y Comercio (Generalitat Valenciana), 1998

Presentación en PPS de Toni Cumella, acerca de las intervenciones y participaciones de **Cerámica Cumella** en diferentes obras nuevas y de restauración.

Publicación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona: **Arquitectura 63: VIII Conferencia Internacional de Estudios de Arquitectur – 1963**

Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 1998**, *V Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico*, organizado por Cámara de Castellón y el Colegio oficial de Ingenieros Superiores Industriales

Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 2000**, *VI Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico*, organizado por Cámara de Castellón y el Colegio oficial de Ingenieros Superiores Industriales

Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 2002**, *VII Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico*.

Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 2004**, *VIII Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico*.

Publicación de las conferencias, mesas debate, ponencias y posters del **QUALICER 2006**, *IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico*.

Publicación del Instituto de Tecnología Cerámica sobre legislación medioambiental, IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) y EPER (Inventario Europeo de Emisiones Contaminantes) - 2003

Consultas en Internet

Artículo en Espai Obert, de Pia Subias: **Toni Cumella i la Restauració del Patrimoni Arquitectonic** (subido a internet en la web site: <http://www.raco.cat/index.php/Lauro/article/viewFile/48343/51388>)

Civis'Agora: Pavimentos seguros y confortables para espacios públicos de TAU Cerámica:
<http://civisagora.ese3.com/>

Enciclopedia on line: Wikipedia:
<http://www.wikipedia.org>

Proceso de Fabricación de Baldosas Cerámicas: documento en PDF publicado por ASCER:
<http://www.spaintiles.info/documentos/proceso.pdf>

Web site : Gaudí y el Modernismo en Cataluña: Mosaico Modernista en Cataluña:
<http://www.gaudiallengaudi.com/EDc02Mosaic.htm>

Web site “El Palacio de las Aguas: de Tanque a Museo”:

<http://www.gestioncultural.org/gc/boletin/pdf/GestionMuseos/PMendez.pdf>

Web site “Gaudi Designer”:

<http://www.gaudidesigner.com/>

Web site “Gaudí y el Modernismo en Cataluña”:

<http://www.gaudiallengaudi.com>

Web site “Gaudiclub” “La Restauración del Parc Güell”:

http://www.gaudiclub.com/ESP/e_links/restaura.asp

Web site “Housing Prototypes”:

<http://housingprototypes.org/>

Web site “Louis Sullivan: The Growth of an Idea”:

<http://www.tape.net/~gerry/sullivan/sullivan.html>

Web site “Sullivan’s Owatonna Bank”:

<http://www.weisman.umn.edu/exhibits/Bank/Bank.html>

Web site “Urbanity.es”:

<http://urbanity.blogspot.com/2008/01/03/palacio-de-congresos-expo-zaragoza-2008-nieto-y-sobejano/>

Web site “Wien-konkret”:

<http://www.wien-konkret.at/kultur/kunst/beruehmte-kuenstler/otto-wagner/>

Web site acerca de la Ciudad Pasillo de Alvar Aalto:

[http://www.arhitekt.hr/xsite/hr/znanost/nakladnistvo/Prostor/15-16/laurence keith loftin III.htm](http://www.arhitekt.hr/xsite/hr/znanost/nakladnistvo/Prostor/15-16/laurence%20keith%20loftin%20III.htm)

Web site de “Todagres”: “Guía de Colocación del Porcelánico”:

<http://www.todagres.com/descargas/quia-de-colocacion-porcelanico.pdf>

Web site de Agrob Buchtal:

http://www.agrob-buchtal.de/dscb_abo_site/en/

Web site de Alcacalagres:

<http://www.alcalagres.es/>

Web site de ALICER (Asociación para la Promoción del Diseño Industrial Cerámico): <http://www.alicer.es/>

Web site de ANFAPA (Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales): <http://www.anfapa.com/>

Web site de ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos):

<http://spaintiles.info/esp/index.asp>

Web site de Cerámica Roca (Pret a Porter):

<http://www.pretaporter.roca.com/web/>

Web site de fachadas ventiladas con Keratwin k12:

<http://www.bicau.ro/data/MasterLink/h1/f38/keratwin%20k12-program%20de%20livrare.pdf>

Web site de la tesis doctoral de la Opera Sydney para la UPC:

http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0317105-171559//18lcc18de39.pdf

Web site de Schlüter Systems:

<http://www.schluter.es/>

Web site de TAU Cerámica:

<http://www.tauceramic.net/>

Web site del CTE (Código Técnico de la Edificación):

<http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>

Web site del grupo Greco Gres:

<http://www.grecogres.es/>

Web site del IPC (Instituto de Promoción Cerámica de la Diputación de Castellón): **<http://www.ipc.uji.es>**

Web site del ITC (Instituto de Tecnología cerámica):

<http://www.itc.uji.es>

Web site del Museo del Azulejo de Montevideo, Uruguay:

<http://www.artemercosur.org.uy/azulejo/>

Web site del periódico “El País” con el informe sobre el Palacio de Congresos de la Expo-Zaragoza:

http://www.elpais.com/fotografia/arte/Proyecto/Nieto/Sobejano/Palacio/Congresos/Zaragoza/elpepuculbab/20061223elpbabart_3/les/

Web site monográfico de “La segunda Modernidad (arquitectura española de los cincuenta)” de Emilio Jiménez:

http://www.seacex.com/documentos/espana50_08_seg.pdf

Web site Pabellón de España en Expo Zaragoza 2008:

www.expozaragoza2008.es/docs/repositorio/sala_prensa/dossieres/dossier_pabellon_de_espana_sp.pdf

BIBLIOGRAFÍA

Web site: "Arquitectura Barcelona: Josep Antoni Coderch i de Sentmenat":
<http://www.geocities.com/medit1976b/coderch.htm>

Web site: "Coderch 1940 – 1967" del Colegio de Arquitectos de Cataluña:
http://www.coac.net/COAC/exposicions/TARRAGONA/2001/coderch19401964/default_e.html