



Procesamiento de materiales cerámicos tradicionales: azulejos cerámicos y ladrillos de construcción

Apellidos, nombre	Muñoz Portero, María José (mjmunoz@iqn.upv.es)
Departamento	Ingeniería Química y Nuclear
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo vamos a describir y comparar el **procesamiento de distintos materiales cerámicos tradicionales**, como es el caso de los azulejos cerámicos y los ladrillos de construcción. Todo ello lo veremos a través de ejemplos prácticos para facilitar el aprendizaje de los conceptos básicos descritos en el presente documento.

2 Objetivos

Una vez que el alumno se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Describir el procesamiento de distintos materiales cerámicos tradicionales.
- Comparar el procesamiento de distintos materiales cerámicos tradicionales.

3 Introducción

Los materiales cerámicos son **materiales inorgánicos** constituidos por **elementos metálicos** (o semimetálicos, como Si y Ge) **y no metálicos** (C, N, O, P o S) enlazados principalmente mediante enlaces iónicos y/o covalentes. Los materiales cerámicos pueden ser **crystalinos, no crystalinos, o mezcla** de ambos. Ejemplos de materiales cerámicos son los productos de arcilla, el cemento, el vidrio y la vitrocerámica. Los productos de arcilla y el cemento presentan estructura cristalina, mientras que el vidrio presenta estructura amorfa o no cristalina. La vitrocerámica se conforma inicialmente como el vidrio, y posteriormente cristaliza mediante un tratamiento térmico adecuado, de forma que el producto final presenta un 90-98 % de estructura cristalina y el resto es material vítreo no convertido.

Las **propiedades generales** de los materiales cerámicos son: 1) alta dureza y rigidez, 2) buenas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico (bajas conductividades térmica y eléctrica), 3) buena estabilidad química y térmica, 4) altas temperaturas de fusión, 5) fragilidad mecánica (proclividad a la quebradura), 6) baja ductilidad, 7) baja tenacidad y 8) elevada resistencia a la compresión.

Los materiales cerámicos se clasifican en cuatro grandes grupos:

- 1) **Materiales cerámicos tradicionales** como, por ejemplo, los productos de arcilla y los refractarios.
- 2) **Nuevos materiales cerámicos (o cerámicas avanzadas)** como, por ejemplo, los óxidos cerámicos, carburos cerámicos, nitruros cerámicos y boruros cerámicos.
- 3) **Materiales conglomerantes** como, por ejemplo, la cal, el yeso y el cemento.
- 4) **Materiales cerámicos fundidos** como, por ejemplo, el vidrio y la vitrocerámica.

El procesamiento de los materiales cerámicos puede realizarse de tres formas:

- 1) **Procesamiento de materiales cerámicos en forma de partículas**, incluyendo los materiales cerámicos tradicionales y los nuevos materiales cerámicos.
- 2) **Procesamiento de materiales conglomerantes.**
- 3) **Procesamiento de materiales cerámicos fundidos.**



En este documento vamos a ver el procesamiento de los materiales cerámicos en forma de partículas, para el caso concreto del procesamiento de los materiales cerámicos tradicionales.

4 Desarrollo

Ahora vamos a ver como se realiza el procesamiento de los materiales cerámicos en forma de partículas, para el caso de los materiales cerámicos tradicionales. Para ello vamos a describir el procesamiento de distintos materiales cerámicos tradicionales, como son los azulejos cerámicos y los ladrillos de construcción, siendo ambos productos de arcilla. Finalmente vamos a realizar una comparación entre el procesamiento en forma de partículas de los distintos materiales cerámicos tradicionales.

4.1 Procesamiento de materiales cerámicos en forma de partículas: materiales cerámicos tradicionales

Los **materiales cerámicos en forma de partículas**, entre los que se incluyen los materiales cerámicos tradicionales, son formados de diversas maneras a partir de polvos (o sea, conjuntos de partículas) y luego se sinterizan (se calientan a una temperatura por debajo del punto de fusión para aglutinar y endurecer los polvos).

Los **materiales cerámicos tradicionales** se hacen a partir de minerales que se encuentran en la naturaleza. Estos materiales se basan en los **silicatos minerales**, la **sílice** y los **óxidos minerales**. En el caso de los materiales cerámicos tradicionales, los polvos se mezclan usualmente con agua para aglutinar temporalmente las partículas y lograr una consistencia adecuada para el conformado posterior. Los productos principales son: productos de arcilla y refractarios.

1) Productos de arcilla:

- **Productos estructurales de arcilla:** ladrillos de construcción, baldosas/azulejos, tuberías de aguas residuales, tejas, etc.
- **Porcelanas:** porcelana, productos de alfarería, vajillas, porcelana fina, artículos sanitarios, etc.

2) Refractarios:

- **Ácidos:** refractarios de arcilla, con un 25-45 % de alúmina (Al_2O_3), refractarios de arcilla de alta alúmina, con un 50-90 % de Al_2O_3 , y refractarios de sílice (SiO_2).
- **Básicos:** refractarios ricos en periclasa, es decir, magnesia calcinada (MgO); también pueden contener compuestos de calcio (CaO), cromo (Cr_2O_3) y hierro (Fe_2O_3).
- **Neutros:** refractarios que normalmente incluyen la cromita (óxido de hierro y cromo) y la cromita-magnesita.
- **Especiales:**
 - **Óxidos de relativamente alta pureza:** alúmina (Al_2O_3), sílice (SiO_2), magnesia (MgO), óxido de berilio (BeO), circonita (ZrO_2) y mullita ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).
 - **Compuestos de carburos:** carburo de silicio (SiC), carbono y grafito.

La secuencia del procesamiento de los materiales cerámicos tradicionales incluye las siguientes etapas, tal como puedes ver en la Figura 1:

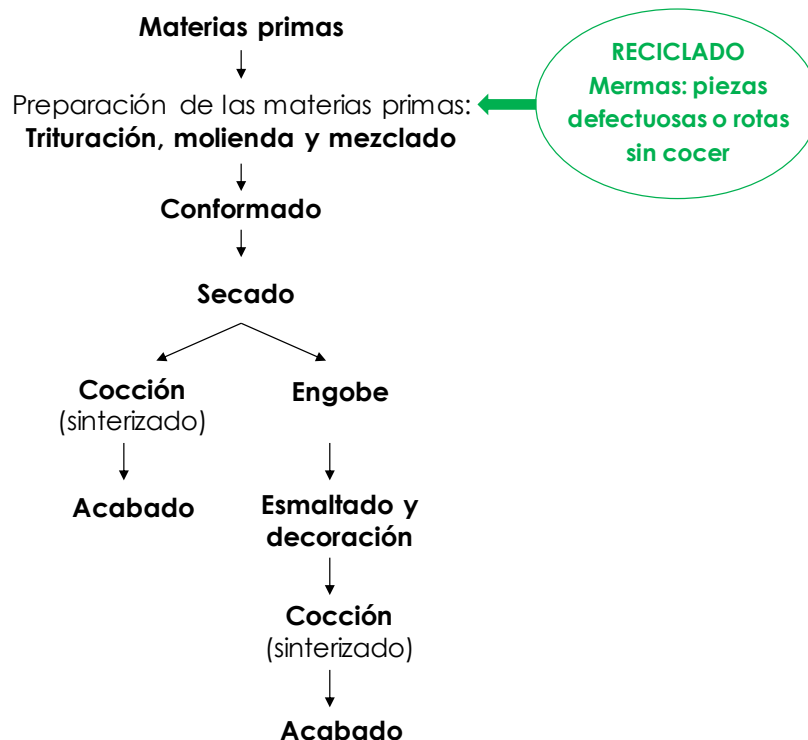


Figura 1. Diagrama de flujo del procesamiento de los materiales cerámicos tradicionales.

- 1) **Preparación de las materias primas.** Las principales operaciones de preparación de las materias primas son: reducción del tamaño de partícula y mezclado.
 - **Reducción del tamaño de partícula (pulverización):** tiene por objeto la reducción a polvo de las materias primas cerámicas existentes en la naturaleza o bien de piezas defectuosas o rotas sin cocer (mermas). Existen dos tipos de operaciones de pulverización: trituración y molienda.
 - **Trituración:** consiste en la ruptura de grandes trozos provenientes de la naturaleza o de mermas en tamaños más pequeños para su reducción posterior. Se pueden requerir varias etapas (por ejemplo, trituración primaria y trituración secundaria). La trituración se realiza por vía seca. Los equipos utilizados para la trituración son: triturador de quijadas, triturador giratorio, triturador de rodillos y triturador de martillos.
 - **Molienda:** consiste en reducir las piezas pequeñas después del triturado a polvos finos. La molienda se puede realizar por vía seca o húmeda. Los equipos utilizados para la molienda son: molino de bolas, molino de rodillos y molienda por impacto.
 - **Mezclado:** las materias primas cerámicas en forma de polvo se mezclan perfectamente con agua formando la **pasta cerámica**. Las proporciones óptimas de polvo y agua dependen de la técnica de conformado que se use posteriormente. Existen dos tipos de operaciones de mezclado: por vía húmeda y por vía seca.



- **Mezclado por vía húmeda:** la molienda y el mezclado por vía húmeda se realizan en un **molino de bolas** obteniéndose al final la **barbotina**, con un contenido de agua del 30-50 %. Dicho contenido de agua se disminuye en un **atomizador** hasta el 5 % (**atomizado**) o bien en un **filtro prensa** hasta el 15-20 % (**masa plástica**).
 - **Mezclado por vía seca:** la molienda y el mezclado por vía seca se realizan en un **molino de rodillos o por impacto**. Posteriormente, se adiciona agua mediante **humedecido por aspersión** hasta un contenido de agua del 6-10 % (**polvo húmedo**) o bien mediante **adición de agua en la amasadora** hasta un contenido de agua del 15-20 % (**masa plástica**).
- 2) **Conformado.** Etapa en la que se le da forma a la pieza cerámica. La pieza conformada debe de tener suficiente resistencia mecánica para permanecer intacta durante el proceso de transporte, secado y cocción posterior. Existen tres técnicas de conformado: 1) prensado (utiliza el **atomizado** o el **polvo húmedo**), 2) extrusión (utiliza la **masa plástica**) y 3) colada (moldeo en **barbotina**).
- 3) **Secado.** Etapa en la que se elimina el agua del cuerpo cerámico plástico antes de ser sometido a altas temperaturas. Generalmente, se lleva a cabo a menos de 100 °C y puede tardar alrededor de 24 h para un trozo de cerámica grande. La **contracción** es un problema durante esta etapa porque el agua aporta volumen a la pieza y cuando se retira, el volumen se reduce. Los equipos utilizados para el secado son: secadero horizontal y secadero vertical.
- Después del secado las piezas cerámicas no esmaltadas se someten directamente a la etapa de cocción (sinterizado). En el caso de las piezas cerámicas esmaltadas, deben someterse a las etapas de engobe, esmaltado y decoración antes de la etapa de cocción.
- 4) **Engobe.** Etapa en la que se aplica una capa blanca que cubre y homogeneiza la superficie del soporte y sobre la que se aplica posteriormente el esmaltado. El engobe también aísla al soporte de la acción de partículas contaminantes (coloreadas, puntos de desgasificación, etc.). Existen dos técnicas de engobe: 1) cortina y 2) aspersión.
- 5) **Esmaltado y decoración.**
- **Esmaltado:** etapa en la que el soporte se recubre de una capa uniforme de **esmalte** (vidrio+cristales) para hacer la pieza más impermeable al agua y mejorar su apariencia. Existen tres técnicas de esmaltado: 1) cortina, 2) inmersión y 3) aspersión.
 - **Decoración (serigrafía):** después del esmaltado la pieza se puede decorar para realzar su función estética o decorativa y adaptarla a sus necesidades de uso. Existen dos técnicas de decoración: 1) rodillos (rotocolor) y 2) inyección digital.
- 6) **Cocción (sinterizado).** Etapa de tratamiento térmico en la que se fija la forma de la pieza cerámica y se logra la dureza y resistencia en el producto final. Las funciones de la cocción o sinterizado son unir los granos individuales en una masa sólida, incrementar la densidad y reducir o eliminar la porosidad. Usualmente se lleva a cabo a temperaturas entre 900 y 1400 °C y se realiza en un horno. Los equipos utilizados para la cocción son: 1) horno túnel y 2) horno monoestrato o de rodillos.
- 7) **Acabado.** Los productos cerámicos requieren algunas veces operaciones de acabado. Las principales operaciones de acabado son: rectificado, cortado y pulido o lapeado.

A continuación, vamos a ver dos ejemplos de procesamiento de materiales cerámicos tradicionales. El primer ejemplo corresponde al procesamiento de azulejos cerámicos, tal como puedes ver en la Figura 2.

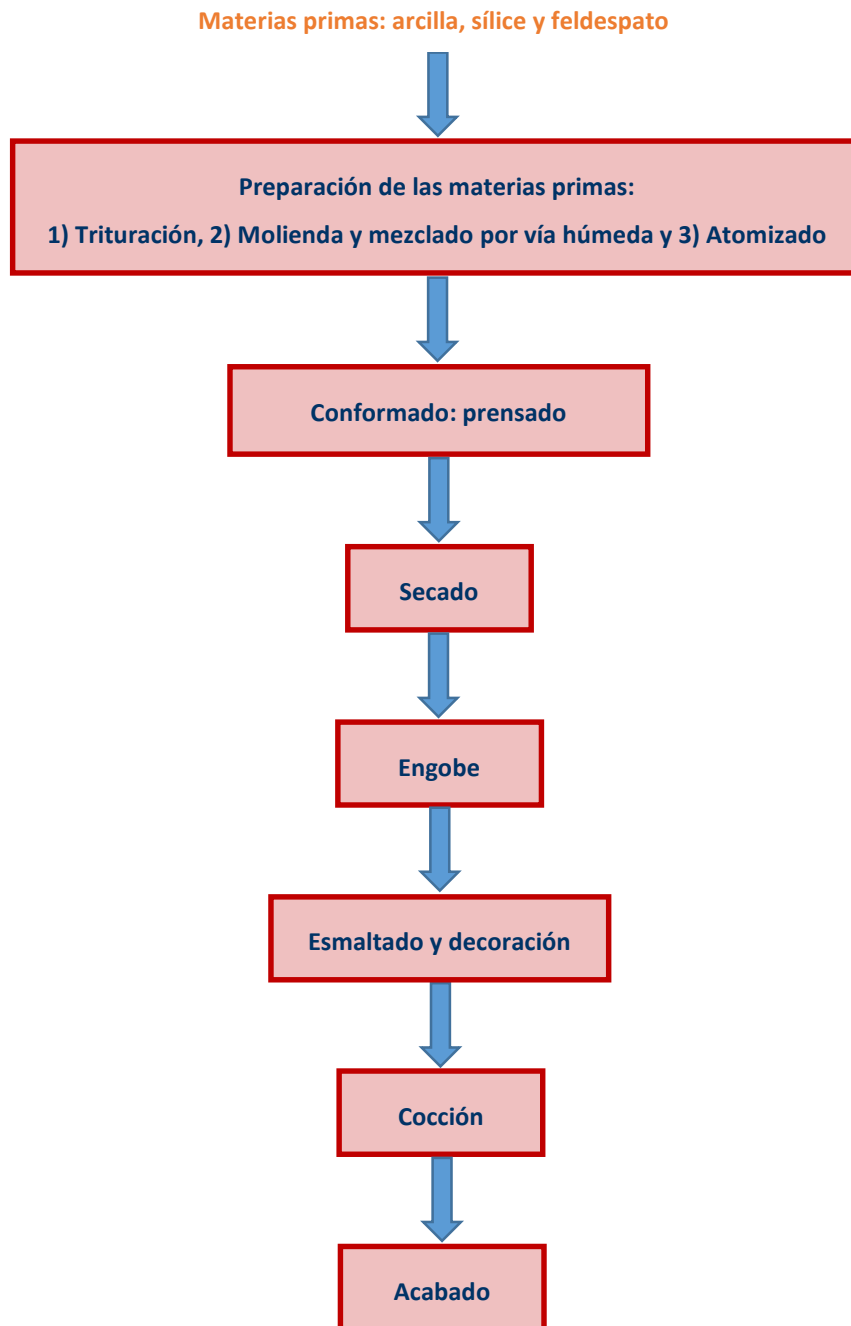


Figura 2. Diagrama de flujo del procesamiento de azulejos cerámicos.



Puedes ver el siguiente vídeo para entender mejor el procesamiento de los **azulejos cerámicos**:

<http://www.youtube.com/watch?v=MLAhuJOMBjA>

El segundo ejemplo corresponde al procesamiento de ladrillos construcción, tal como puedes ver en la Figura 3.

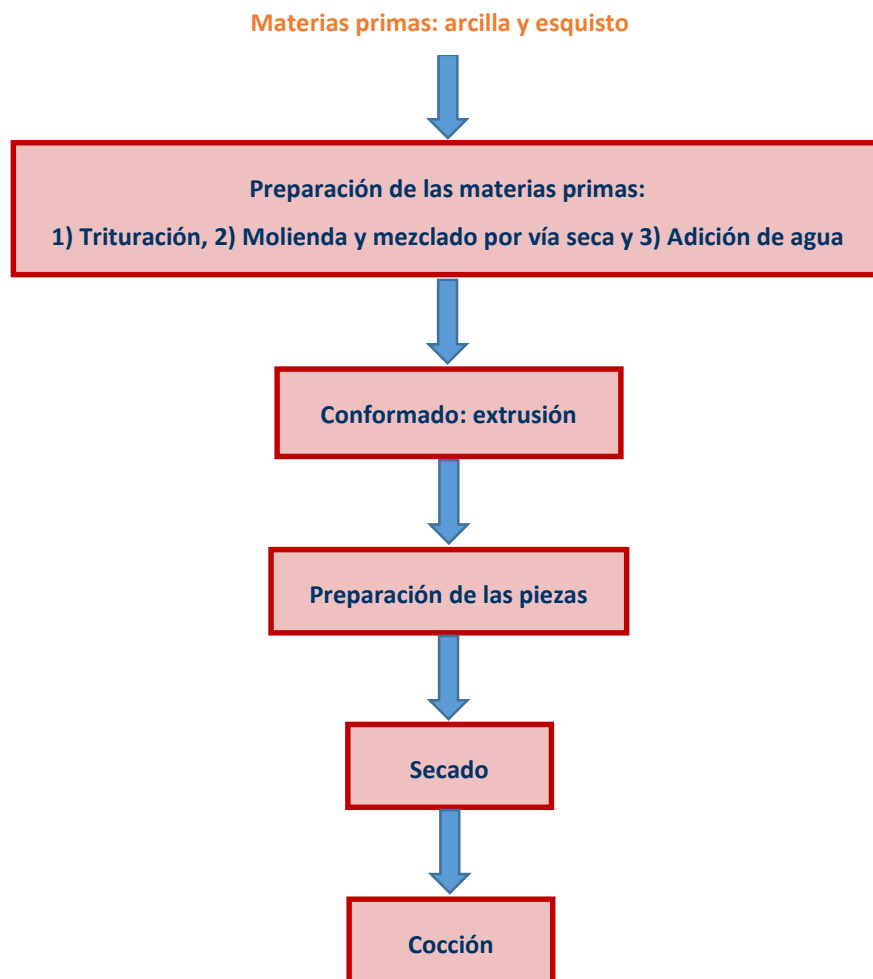


Figura 3. Diagrama de flujo del procesamiento de ladrillos de construcción.

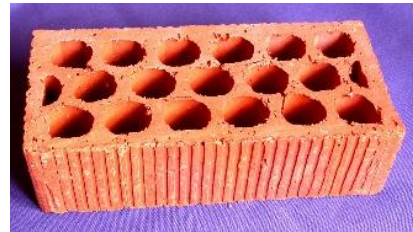


Puedes ver el siguiente vídeo para entender mejor el procesamiento de los **ladrillos de construcción**:

https://www.youtube.com/watch?v=dnr_sj63o3Q

4.2 Comparación del procesamiento de azulejos cerámicos y ladrillos de construcción

En la Tabla 1 puedes ver una comparación entre el procesamiento en forma de partículas de distintos materiales cerámicos tradicionales, como son los azulejos cerámicos y los ladrillos de construcción.



Etapas	Azulejos cerámicos	Ladrillos de construcción
Materias primas	Arcilla, sílice y feldespato	Arcilla y esquisto
Preparación de las materias primas	1) Trituración. 2) Molienda y mezclado por vía húmeda en molino de bolas. 3) Atomizado.	1) Trituración. 2) Molienda y mezclado por vía seca en molino de rodillos. 3) Adición de agua en amasadora.
Conformado	Prensado	Extrusión
Preparación de las piezas		1) Marcado de la superficie con rodillo. 2) Sección del lingote. 3) Perforación del ladrillo. 4) Cortado de las piezas.
Secado	Secado en secadero vertical	Secado en secadero vertical
Engobe	Engobe mediante cortina o aspersión	
Esmaltado y decoración (serigrafía)	1) Esmaltado mediante cortina o aspersión. 2) Decoración mediante rodillos (rotocolor) o inyección digital.	
Cocción (sinterizado)	Cocción en horno monoestrato o de rodillos	Cocción en horno túnel.
Acabado	1) Rectificado. 2) Cortado. 3) Pulido o lapeado.	

Tabla 1. Comparación del procesamiento de azulejos cerámicos y ladrillos de construcción.



Respecto a las **materias primas**, para el procesamiento de azulejos cerámicos se utilizan dos tipos de materias primas: **materia prima plástica (arcilla)** y **materia prima no plástica (sílice y feldespatos)**. Además, se necesita una **materia prima auxiliar (agua)**, que se añade a la mezcla de materias primas, formando la pasta cerámica. En el caso del procesamiento de ladrillos de construcción, se parte de arcilla y esquisto, pero en este caso se utiliza una arcilla más refractaria y menos plástica que la utilizada en la fabricación de azulejos cerámicos.

Respecto a la **preparación de las materias primas**, en los dos casos se realiza una primera etapa de **tritución** para la reducción del tamaño de partícula. Para el procesamiento de azulejos cerámicos se realiza a continuación una etapa de **molienda y mezclado por vía húmeda** en un molino de bolas, obteniendo una pasta con un contenido de agua del 30-50 % (barbotina). El contenido de agua se rebaja mediante una etapa posterior de **atomizado**, obteniéndose un polvo (atomizado) con un contenido de agua de hasta el 5 %. En el caso del procesamiento de ladrillos de construcción, se realiza una etapa de **molienda y mezclado por vía seca** en un molino de rodillos. Posteriormente, se realiza la **adición de agua** hasta un contenido del 15-20 % en una amasadora, obteniéndose una masa plástica.

Respecto al **conformado**, en el caso del procesamiento de azulejos cerámicos se realiza mediante **prensado**, mientras que en el procesamiento de ladrillos de construcción se realiza mediante **extrusión**.

En el caso del procesamiento de ladrillos de construcción se realizan las siguientes operaciones de **preparación de las piezas** antes del secado: 1) **marcado de la superficie con rodillo**, 2) **sección del lingote**, 3) **perforación del ladrillo** y 4) **cortado de las piezas**. En el caso del procesamiento de azulejos cerámicos no se realizan operaciones de preparación de las piezas.

Respecto al secado, en los dos casos se realiza el secado mediante secaderos verticales.

En el caso del procesamiento de azulejos cerámicos, las piezas se someten a un **esmaltado** antes de la etapa de cocción. Para ello las piezas se someten a las siguientes etapas: 1) **engobe**, mediante cortina o aspersión, 2) **esmaltado**, mediante cortina o aspersión y 3) **decoración (serigrafía)**, mediante rodillos (rotocolor) o inyección digital. En el caso del procesamiento de ladrillos de construcción, las piezas no se esmaltan.

Respecto a la **cocción**, en el caso del procesamiento de azulejos cerámicos se realiza en horno monoestrato o de rodillos, mientras que en el procesamiento de ladrillos de construcción se realiza en horno túnel.

Finalmente, en el caso del procesamiento de azulejos cerámicos se realizan las siguientes operaciones de **acabado** de las piezas: 1) rectificado, 2) cortado y 3) pulido o lapeado. En el caso del procesamiento de ladrillos de construcción, no se realizan operaciones de acabado de las piezas.

5 Cierre

A lo largo de este documento hemos aprendido cómo se realiza el **procesamiento de materiales cerámicos en forma de partículas** para el caso concreto de **materiales cerámicos tradicionales**, poniendo como ejemplos el procesamiento de **azulejos cerámicos** y de **ladrillos de construcción**, y realizando finalmente una comparación entre el procesamiento de los distintos materiales cerámicos tradicionales.



6 Bibliografía

- [1] Muñoz-Portero, M.J.: “Principios de Obtención de Materiales”, Editorial UPV, 2007.
- [2] Groover, M.P.: “Fundamentos de manufactura moderna”, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997.
- [3] Smith, W.F.: “Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales”, McGraw-Hill, 1999.
- [4] Shackelford, J.F.; Güemes, A.: “Introducción a la Ciencia de los Materiales para Ingenieros”, Pearson Educación, 2010.
- [5] Askeland, D.R.: “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Paraninfo, 2001.
- [6] William, D.; Callister, Jr.: “Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Reverté, 2000.
- [7] “Engineering Materials Handbook. Vol.4. Ceramics and Glasses”, ASM International, 1991.
- [8] Arredondo, F.: “Piedras, cerámica y vidrio”, Colegio de Ingenieros de Caminos, 1991.
- [9] Galindo, R.: “Pastas y vidriados en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos”, Faenza Editrice Ibérica, 1994.
- [10] Barba, A.; Beltrán, V.; Feliu, C.; García, J.; Ginés, F.; Sánchez, E.; Sanz, V.: “Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas”, Instituto de Tecnología Cerámica, 1997.