

Nuevo sistema y metodología para la eliminación de los calibres en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas

¹ A. POYATOS, ¹ R. BONAQUE, ² G. MALLOL, ² J. BOIX

¹ MACER Cno. Estación s/n, 12550 Almazora

² Instituto de Tecnología Cerámica UJI (Castellón) Campus Universitario Riu Sec, Avda. de Vicent Sos Baynat s/n, 12006 Castellón

Este trabajo ha sido premiado con el Alfa de Oro en la Feria Internacional de Cerámica CEVISAMA 2010

MACER, S.L., en colaboración con el Instituto de Tecnología Cerámica, ha desarrollado un sistema de control integral de la operación de prensado denominado CALIBREUNICO® que permite mantener constante en el tiempo la densidad aparente de todas las piezas cerámicas conformadas en una prensa industrial. El sistema CALIBREUNICO® está constituido por dos subsistemas complementarios que permiten, por un lado, compensar las variaciones de humedad del polvo atomizado mediante la regulación continua y en tiempo real de la presión de prensado y, por otro lado, regular la carga individualizada en cada uno de los alvéolos de la prensa con el fin de igualar la densidad aparente de todas las piezas obtenidas en un mismo ciclo de prensado. CALIBREUNICO®, al asegurar la constancia de la densidad aparente de todas las piezas procesadas, garantiza un único tamaño de pieza y la minimización de los problemas de producción asociados a la variabilidad de la densidad aparente de los soportes.

Palabras clave: calibre, densidad aparente, molde, humedad, prensado.

New system and methodology for avoiding calibers in ceramic tile production

MACER, S.L. in collaboration with the Institute of Ceramic Technology, has developed a comprehensive control system of the pressing operation called CALIBREUNICO® which keeps constant in time the bulk density of all the ceramic pieces shaped in an industrial press. The CALIBREUNICO® system consists of two subsystems that permit one hand, balance the variations in moisture spray-dried powder by the continuous regulation in real time of the pressure moulding and, secondly, regulate the load individually in each of the holes of the press with de purpose of equalling the bulk density of all pieces obtained in the same press cycle. CALIBREUNICO®, ensuring the constancy of bulk density of all pieces processed, guarantees a single piece size and the minimization of the production problems associated with variability in bulk density of the pieces.

Key words: calibre, bulk density, mould, moisture, pressing.

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas dedicadas a la fabricación de baldosas cerámicas clasifican el producto final en función de su tamaño, para que la posterior colocación por parte del cliente no se vea dificultada por una falta de estabilidad dimensional. Para realizar dicha clasificación se establecen una serie de tamaños, denominados habitualmente calibres, los cuales tienen asignado un margen de variación o tolerancia que depende de los estándares de calidad fijados por la empresa. Uno de los problemas más importantes del sector de fabricación de baldosas cerámicas es precisamente la dificultad para la consecución de lotes de producción con piezas de un mismo tamaño o calibre.

El aumento de clases de producto final por diferencias de tamaño (calibres), al que deben hacer frente actualmente las empresas cerámicas, está claramente unido, en la mayoría de los casos, a la inexistencia de un control adecuado de la densidad aparente en seco de los soportes durante la etapa de conformado. En efecto, la densidad aparente de los soportes recién prensados es una de las variables más importantes de todo el proceso de fabricación puesto que incide de manera decisiva en el comportamiento de los

soportes durante el resto de su procesado y determina, en gran medida, las propiedades del producto final, sobretudo en lo referido a sus características dimensionales.

En la actualidad la clasificación del producto final se realiza atendiendo a cuatro criterios: aspecto superficial, planaridad, tonalidad y tamaño. Si el aspecto superficial o la planaridad de las piezas no alcanzan los requisitos mínimos exigidos por la empresa, el producto se desecha directamente. Las piezas que superan esta primera criba se clasifican habitualmente en tres clases en función de su aspecto superficial: primera, segunda o tipo único. Dentro de las dos primeras clases (primera y segunda) el producto se clasifica a su vez de acuerdo a su tonalidad (habitualmente dos clases) y de su tamaño (normalmente tres clases). Así pues, de un determinado modelo, es habitual encontrarse con un total de 13 referencias distintas, correspondientes a su aspecto superficial, tonalidad y tamaño (ver figura 1). Para una empresa de tamaño grande, en la que se manejan normalmente alrededor de 1000 modelos diferentes, esta casuística supone gestionar en el almacén un mínimo de 13000 referencias distintas.

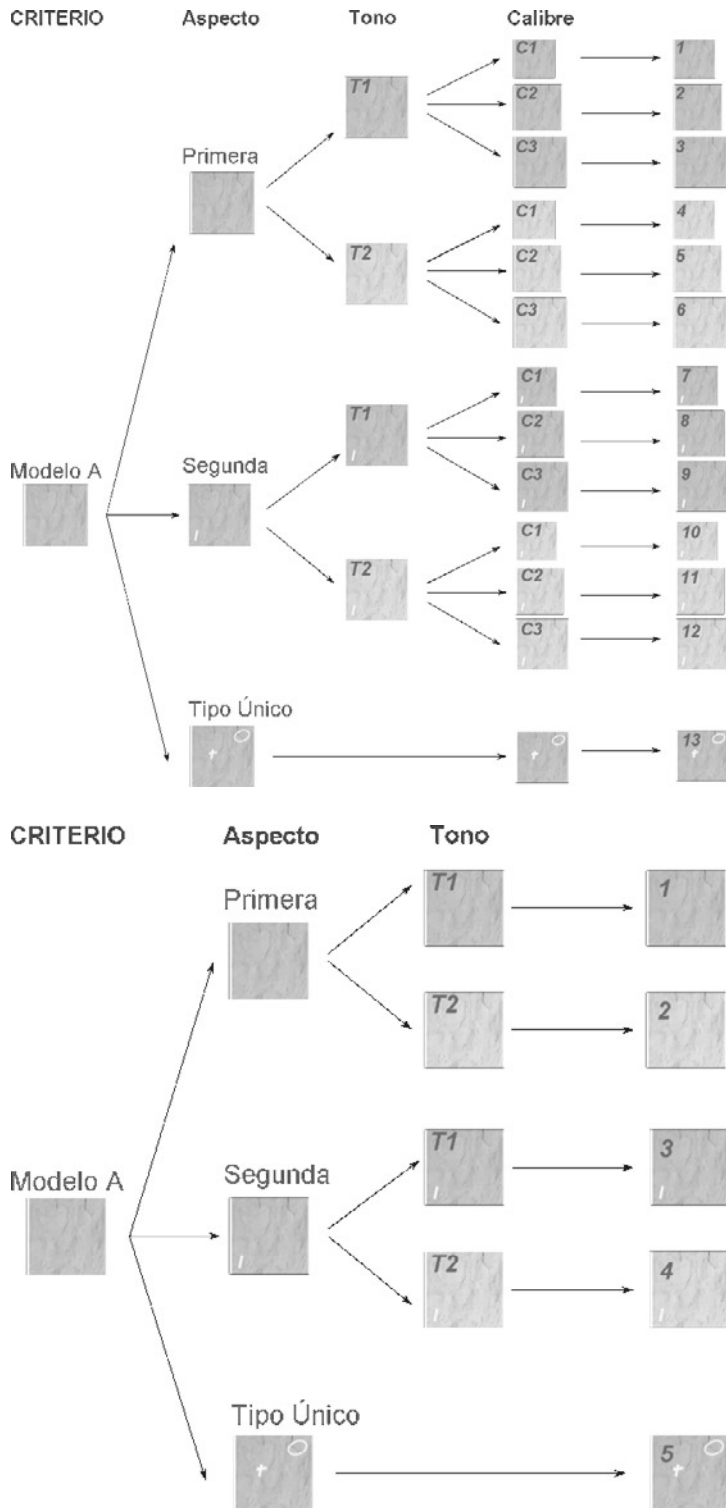


Figura 1. (Izquierda) Clasificación actual, 13 referencias diferentes por modelo; (derecha) clasificación objetivo, 5 referencias diferentes por modelo.

Si se consiguiera mantener constante la densidad aparente de los soportes fabricados, el tamaño final de las piezas sería el mismo con lo que las 13000 referencias actuales quedarían reducidas a poco más de la tercera parte (5000 referencias).

Para conseguir el objetivo de obtener un único calibre, el trabajo en la etapa de prensado es primordial. Es necesario mantener la densidad aparente de todas las piezas prensadas constante, ya que las diferencias de densidad producen variaciones de la contracción durante la cocción, y por lo tanto diferentes tamaños de piezas. Existen numerosos factores que provocan variaciones de la densidad aparente en las piezas prensadas, pero las más importantes son, sin lugar a dudas, las diferencias de humedad del polvo prensado a lo largo del tiempo y las diferencias de carga y/o presión en los diferentes alvéolos del molde.

En la mayor parte de las empresas el control de la operación de prensado se realiza a partir de la medida de la humedad del polvo de prensas y de la densidad aparente de las distintas piezas compactadas en una prensada, de manera discontinua y manual. En ausencia de problemas, cada hora el operario encargado del funcionamiento de la prensa (prensista) realiza un muestreo manual del polvo que se alimenta a la prensa y mide su humedad, de manera discontinua, mediante secado de la muestra en una balanza dotada de un sistema de calefacción por infrarrojos. El proceso completo de muestreo y medida de la humedad dura aproximadamente 15 minutos.

Según el valor obtenido, el prensista modifica la presión de prensado, de acuerdo con una tabla de valores proporcionada por el laboratorio, todo ello con el fin de mantener constante la densidad aparente de las piezas a la salida de la prensa. Si la variación de humedad es importante, hecho que se produce con bastante asiduidad en la práctica industrial, se lleva a cabo una nueva medida antes de modificar la presión de prensado. Si la segunda medida corrobora la variación detectada inicialmente, se modifica la presión máxima de prensado y se realiza una medida de la densidad aparente en verde de la pieza, para comprobar la eficacia del control.

Este control va acompañado de una medida cada 8 horas, de la densidad aparente en verde de las piezas obtenidas en los diferentes alvéolos de la prensa, utilizando el método de inmersión en mercurio. Adicionalmente, cuando se presenta algún problema de producción relacionado con la densidad aparente de las piezas (rotura de piezas en la línea, obtención de piezas de tamaño distinto, etc.), se lleva a cabo inmediatamente la determinación de la densidad aparente en verde de las piezas. Estas medidas de la densidad aparente de las piezas prensadas en los diferentes alvéolos de la prensa sirven para corregir diferencias de la densidad aparente entre piezas obtenidas en una misma prensada o en el interior de las piezas. Esta corrección se ha realizado tradicionalmente suplementando los punzones en su totalidad o en algunas zonas de los mismos, con finas láminas de diferentes espesores.

Con este sistema manual y de baja fiabilidad, resulta muy difícil igualar las densidades aparentes medias de las diferentes piezas obtenidas en la misma prensada, y sobre todo, mantenerlas en el tiempo. Por tanto, en la actualidad, el control de humedad y de densidad aparente se realiza mediante un método discontinuo, destructivo, manual y nocivo (puesto que emplea mercurio) siendo la

acción correctora también manual y discontinua. Además, el sistema de control resulta ineficaz, ya que siguen existiendo calibres en la clasificación final.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

La innovación presentada es fruto de la conjunción de dos desarrollos tecnológicos cuyas funcionalidades son complementarias. Por un lado, se ha desarrollado un novedoso molde con sistema de regulación de carga individualizada por salidas (*ES1064531U*). Con este molde, se consigue que todas las piezas obtenidas en un mismo ciclo de prensado tengan la misma densidad aparente de forma automática, eliminando las correcciones mediante suplementos en punzones, realizadas de forma manual, lenta y con poco éxito con el paso del tiempo. Por otro lado, el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC), ha desarrollado un dispositivo que permite regular de forma continua y automática la presión máxima del ciclo de prensado en función de las variaciones de humedad del polvo atomizado con el fin de mantener constante en el tiempo la densidad aparente media de los soportes recién prensados (*P200402240*).

La integración de estos dos dispositivos ha dado lugar a la tecnología CALIBREUNICO®, la cual constituye un sistema de control de prensado que tiene en cuenta todas las variables que intervienen en la operación de prensado: humedad, presión de prensado, espesor de las piezas y carga realizada

2.1 El molde con regulación de carga automatizada por alveolo

En la actualidad, los moldes utilizados habitualmente para la fabricación de baldosas cerámicas no permiten modificar de forma independiente la posición de la primera caída en cada uno de los bloquitos, siendo la posición de dicha caída igual en todos los alvéolos. Este hecho no permite compensar las importantes diferencias en la distribución de las cargas entre los alvéolos de la prensa que producen finalmente, al aplicar la presión máxima de prensado, diferencias en la densidad aparente media de las piezas obtenidas en cada hueco.

En el desarrollo aquí presentado, se ha conseguido igualar la densidad aparente media, o lo que es lo mismo, la masa, de todas las piezas obtenidas en un mismo ciclo de prensado. Para ello se ha utilizando un molde especialmente concebido que está dotado con un sistema de regulación de

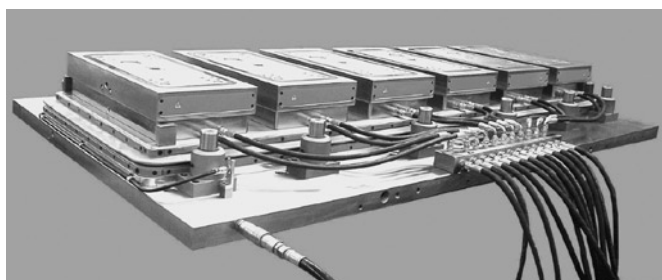


Figura 2. Vista de un molde de seis salidas dotado de sistema de regulación de la carga por hueco individualizada.

carga individualizada por alveolo. En efecto, el empleo de un molde en que la posición que determina el volumen total de polvo a llenar (primera caída de los punzones inferiores) puede ser modificada independientemente en cada una de las salidas, permite cambiar la cantidad de polvo alimentada en cada alveolo con el fin de conseguir que la densidad aparente o la masa de todas las piezas sea constante.

El sistema descrito funciona con éxito, manteniendo el tamaño de las piezas, siempre y cuando se mantenga constante la humedad del polvo de prensa.

Sistema de control automático de la densidad aparente media de los soportes recién prensados

El Instituto de Tecnología Cerámica ha desarrollado y patentado un sistema que permite detectar las variaciones de humedad de las piezas compactadas y corregir la presión máxima del ciclo de prensado para mantener constante la densidad aparente media de los soportes recién prensados.

El dispositivo permite, a partir de la medida en continuo y sin contacto de la humedad de las piezas compactadas, modificar la presión de prensado para mantener constante la densidad aparente en seco de las baldosas cerámicas prensadas. Previamente al desarrollo del sistema de control es necesario conocer el diagrama de compactación de cada composición, la densidad aparente objetivo y los márgenes máximos de variación permitidos de la densidad aparente para cada producto.

La medida de la humedad de las piezas se realiza mediante un sensor de humedad situado sobre la línea de transporte existente entre la prensa y el secadero (ver figura 3). El principio de medida del sensor está basado en el fenómeno de absorción que experimenta la radiación infrarroja al incidir sobre las moléculas de agua contenidas en el polvo atomizado.

En cuanto a la medida de la presión de prensado, ésta es adquirida directamente del sistema de control de la propia prensa. Por esta razón, no ha sido necesario instalar ningún instrumento de medida de presión en la prensa para disponer de esta variable de proceso. La implantación del bucle de control ha requerido el desarrollo de una aplicación informática que es capaz de modificar automáticamente la presión máxima de prensado de la prensa, en función de las variaciones de humedad del polvo atomizado detectadas mediante la medida en continuo de la humedad de los soportes recién prensados.



Figura 3. Sensores de humedad instalados a la salida de dos prensas industriales.

3. VIABILIDAD INDUSTRIAL DE LA INNOVACIÓN PRESENTADA

El sistema CALIBREUNICO® ha demostrado su viabilidad industrial en dos instalaciones realizadas en dos empresas fabricantes de baldosas cerámicas. Ambas instalaciones han sido realizadas en prensas dedicadas a la fabricación de piezas de gres porcelánico. Una de ellas fue dotada con un molde de regulación individualizada de la carga con cuatro salidas de 33 cm x 33 cm de formato nominal cocido y la otra con un molde de tres salidas de formato 60 cm x 60 cm. En ambas instalaciones, la tolerancia máxima del calibre permitida era de 1 mm, lo cual implica una variación máxima permisible inferior a $\pm 10 \text{ kg/m}^3$ en la densidad aparente de los soportes recién prensados. Pese a estas restricciones tan importantes en cuanto a variación máxima permitida del tamaño de las piezas, los dos sistemas instalados han proporcionado resultados muy satisfactorios,

reduciendo drásticamente en ambos casos el número de calibres obtenido en la clasificación final.

Para ilustrar el funcionamiento del sistema CALIBREUNICO® en la figura 4 se ha representado la evolución de la humedad de los soportes recién prensados y de la presión máxima de prensado correspondiente a un lote de producción fabricado en la prensa que trabajaba con un formato de 60 cm x 60 cm. Puede apreciarse que, frente a la variación de humedad experimentada por el polvo atomizado (alrededor de 1%), la presión máxima del ciclo de prensado se ve modificada con el fin de mantener constante la densidad aparente media de los soportes recién prensados, asegurando con ello, la constancia del tamaño final de las piezas.

Por su parte, se han regulado las posiciones de los bloquitos individualmente para conseguir igualar la densidad aparente de las tres piezas obtenidas en cada ciclo de prensado (golpe). La eficacia conjunta de los dos

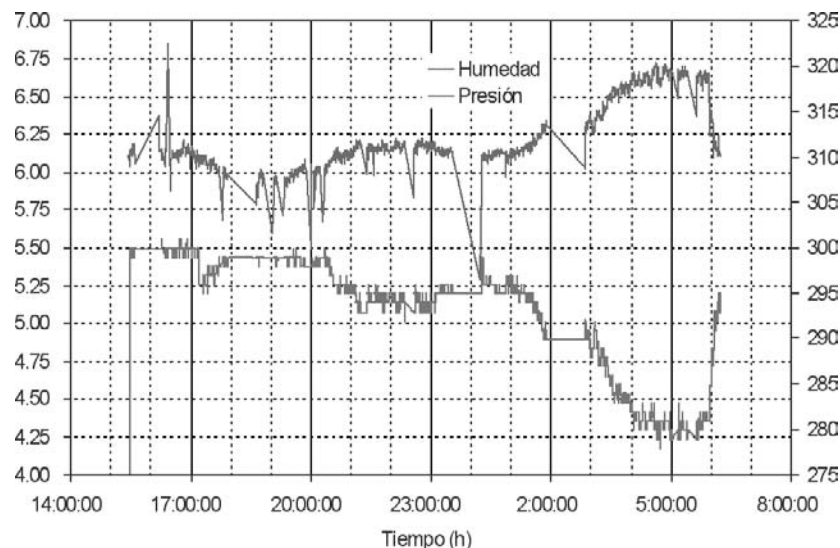


Figura 4. Evolución de la humedad y de la presión máxima de prensado en una prensa dotada del sistema de control CALIBREUNICO®.

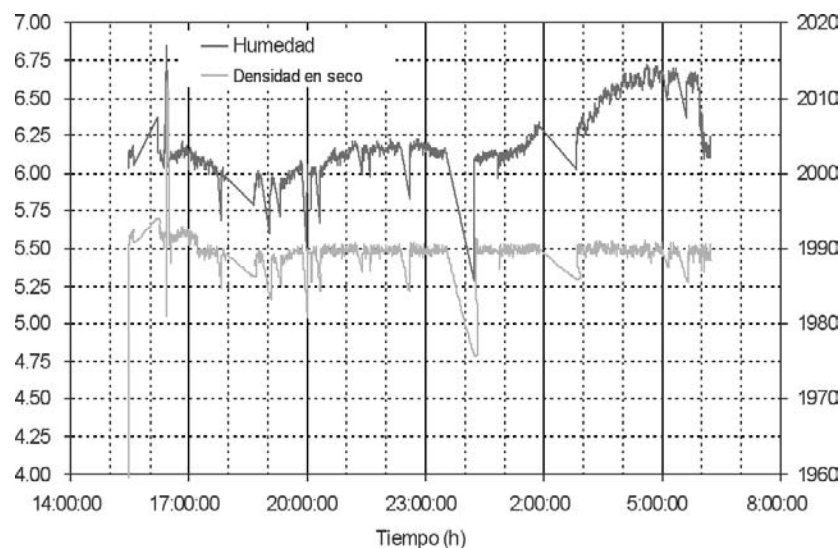


Figura 5. Evolución de la densidad aparente de los soportes conformados en una prensa dotada del sistema de control CALIBREUNICO®.

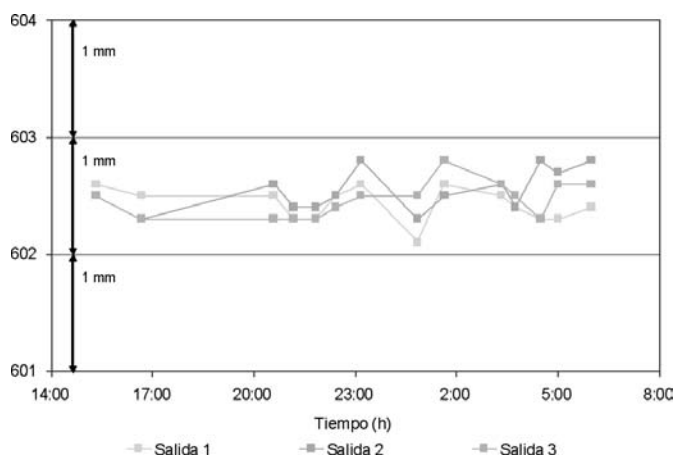


Figura 6. Evolución del tamaño de las piezas obtenidas en las diferentes salidas de una prensa dotada del sistema de control CALIBREUNICO®.

sistemas en el resultado final puede apreciarse en la figura 6. En la misma se constata que TODAS las piezas obtenidas en los diferentes alvéolos de la prensa (salidas) presentan un tamaño final que se encuentra dentro de la tolerancia permitida ($\pm 0,5$ mm). Además, esta situación se mantiene durante todo el periodo de prensado, debido a la constancia del valor de la densidad aparente de todas las piezas compactadas conseguido por el sistema CALIBREUNICO®.

Para comprobar la eficacia del molde de regulación individualizada de la carga de MACER para compensar las diferencias de presión entre los diferentes alvéolos de la prensa se ha utilizado el DENSEXPLORER, un novedoso equipo desarrollado por el ITC que permite obtener de forma rápida, inocua y no destructiva, la distribución de la densidad aparente en el interior de las piezas. DENSEXPLORER es un equipo capaz de medir la distribución de la densidad aparente en toda la pieza a partir de la medida de la absorción puntual de radiación y del espesor de la misma.

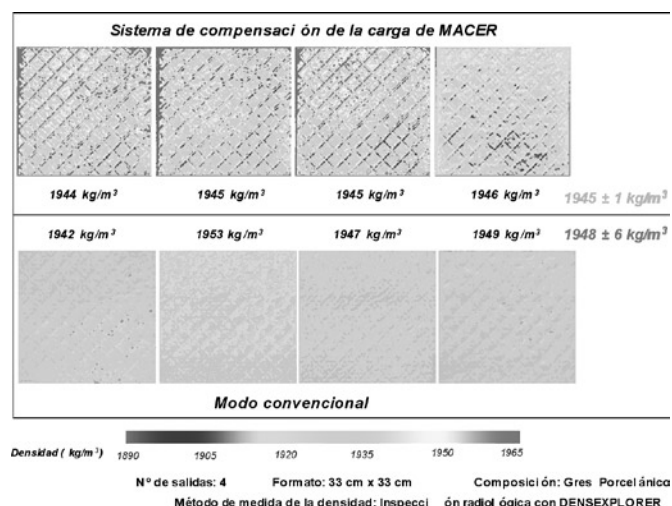


Figura 7. Comprobación de la eficacia del molde de regulación individualizada de la carga desarrollado por MACER.

Si se comparan los mapas de la distribución de la densidad de las piezas compactadas en una misma prensada antes y después de utilizar el sistema de compensación de MACER (figura 7) se aprecia que la uniformidad es mucho mayor en aquellas piezas obtenidas utilizando el sistema de bloquitos móviles de MACER. En efecto, la diferencia de la densidad aparente entre las piezas compactadas en una misma prensada utilizando el sistema de compensación de MACER es muy baja (± 1 kg/m³); sin embargo, las diferencias entre piezas compactadas de la manera convencional es seis veces mayor (± 6 kg/m³), cercana al valor máximo permitido para la aparición de calibres en este formato (± 10 kg/m³).

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido desarrollado por MACER en colaboración con el Instituto de Tecnología Cerámica y financiado parcialmente por la Conselleria de Industria de la Generalitat Valenciana dentro de su Programa de Proyectos de Especial Relevancia para la Comunidad Valenciana y el Instituto de la Pequeña y Mediana Industria de la Generalitat Valenciana (IMPIVA) dentro de su Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico 2008-2009.

BIBLIOGRAFÍA

1. J.E. Enrique, J. García, J.A. Amorós, V. Beltrán, Alternativas al método de inmersión en mercurio para la determinación de la densidad aparente de baldosas cerámicas, *Técnica Cerámica* 250,18-27(1997).
2. R. Galindo, El molde en la fabricación de la baldosa cerámica, Editado por MACER, Castellón 2002
3. J. L. Amorós Albaro. Pastas cerámicas para pavimentos de monococción. Influencia de las variables de prensado sobre las propiedades de las piezas en crudo y sobre su comportamiento durante el prensado y la cocción. Tesis doctoral. Noviembre 1987. Universitat Jaume I. Castellón.
4. V. Bagán Vargas. Efecto de las condiciones de operación, en las distintas etapas del proceso, sobre las propiedades y características del pavimento de muy baja porosidad. Tesis doctoral. Julio 1991. Universitat Jaume I. Castellón.
5. Amorós, J.L.; Blasco, A.; Enrique, J.E.; Beltrán, V.; Escardino, A. Variables en la compactación de soportes cerámicos de pavimento y revestimiento. *Técnica Cerámica*, 105, 792-812, 1982.
6. Amorós, J.L.; Bagán, V.; Orts, M.J.; Escardino, A. La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. I. Influencia del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en crudo. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, 27(5), 273-282, 1988.
7. Mallol, G.; Llorens, D.; Felú, C.; Castro, F. Medida en continuo de la humedad de los soportes cerámicos prensados. *Cerámica Información*, 289, 81-90, 2002.
8. Amorós, J.L.; Beltrán, V.; Blasco, A.; Felú, C.; Sancho-Tello, M. Técnicas experimentales del control de la compactación de pavimentos y revestimientos cerámicos. *Técnica Cerámica*, 116, 1234-1246, 1983.

Recibido: 2/3/2010

Aceptado: 5/4/2010