

**COMPOSICIÓN INNOVADORA  
DE GRES PORCELÁNICO (ECKER®)**

»»»»»»»»»» 2008



» INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	ANTECEDENTES .....	5
3.	COCCIÓN EN HORNO INDUSTRIAL .....	6
	<i>3.1. Desarrollo experimental.....</i>	<i>6</i>
	<i>3.2. Resultados obtenidos.....</i>	<i>8</i>
	<i>3.2.1. Emisiones de dióxido de carbono debidas a la combustión de gas natural.....</i>	<i>8</i>
	<i>3.2.2. Emisiones de dióxido de carbono debidas a la descomposición de los carbonatos.....</i>	<i>9</i>
	<i>3.2.3. Emisiones de dióxido de carbono totales.....</i>	<i>9</i>
4.	CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y DEL PRODUCTO FINAL.....	10
	<i>4.1. Determinación del diagrama de compactación y la resistencia mecánica en seco.</i>	<i>11</i>
	<i>4.2. Determinación de la contracción lineal de piezas industriales.....</i>	<i>12</i>
	<i>4.3. Absorción de agua mediante impregnación por ebullición de piezas industriales..</i>	<i>13</i>
	<i>4.4. Planaridad, curvatura central, lateral y alabeo de piezas industriales.....</i>	<i>14</i>
5.	COMPARACION DE RESULTADOS.....	17
6.	INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS.....	18

## » 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe muestra la información técnica recogida como resultado de un **estudio comparativo del comportamiento en la etapa de cocción de dos composiciones de gres porcelánico esmaltado**.

En este estudio se ha cuantificado las emisiones de dióxido de carbono producidas durante la etapa de cocción de dos composiciones de gres porcelánico diferente: la composición cuya referencia es E-2 o estándar y la composición cuya referencia es BE-4/50 (composición innovadora).

También se ha determinado y comparado el consumo energético y las emisiones de dióxido de carbono generadas durante la cocción, y se ha realizado una caracterización de los productos obtenidos a partir de las dos composiciones descritas anteriormente.

Los ensayos industriales se han llevado a cabo en un horno monoestrato de rodillos que la empresa BESTILE, S.L. posee en sus instalaciones.

La estimación de la cantidad de dióxido de carbono que se emite a la atmósfera durante la etapa de cocción se realizó mediante cálculo teórico a partir del consumo, la composición de gas natural y el contenido en carbonatos de cada composición.

La caracterización del producto procesado en cada ocasión se llevó a cabo mediante la realización de los siguientes ensayos:

- Determinación de la resistencia mecánica en seco.
- Contracción lineal de piezas industriales.
- Absorción de agua mediante impregnación por ebullición.
- Planaridad, curvatura central, lateral y alabeo.

Como principales conclusiones de dicho estudio, y en las condiciones de trabajo, se ha obtenido que la composición BE-4/50:

- Cumple las especificaciones que marcan las normas UNE para baldosas del grupo Bla (UNE-EN 14411 Baldosas prensadas en seco)
- Aumenta la producción en un 69,1 %
- Incrementa la eficiencia energética en un 13,9 %
- Disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 13,8 %

Por otro lado, la empresa Neos ha confirmado que la empresa Bestile a utilizado un 89 % de la composición BE-4/50 en el último trimestre de 2007, superando un consumo de 27.000 Toneladas a lo largo de dicho año, es decir, una producción estimada de 1.244.773 m<sup>2</sup> de porcelánico esmaltado.

## » 2. ANTECEDENTES

El presente proyecto se inició a finales del 2003, cuando los socios de Neos Additives pensaron en la posibilidad de disminuir la temperatura de cocción del gres porcelánico, incrementando también la producción por horno.

Se estableció como objetivo el **desarrollo de una nueva composición de gres porcelánico mediante la introducción de un compuesto que actuase de fundente, plastificante y opacificante, además de incrementar la resistencia mecánica de las piezas crudas y posibilitar la reducción de la temperatura y el tiempo de cocción.**

Para la realización de este proyecto se contó en su fase inicial con la colaboración del Instituto de Tecnología cerámica (ITC) y la financiación parcial del mismo por parte del IMPIVA. Como resultado de dicha colaboración se obtuvo la patente P200500037.

A partir de los resultados obtenidos en colaboración con el ITC, se inició el contacto con empresas del sector, con el objetivo de realizar el desarrollo industrial en toda su extensión. El presente trabajo suponía un elevado riesgo tecnológico que solamente empresas con una alta capacidad de innovación podían llevar a cabo. Se seleccionó a Bestile y Azuliber como empresas colaboradoras dado el interés mostrado previamente.

De este modo se inició el desarrollo de una formulación competitiva, llevando a cabo la optimización de las composiciones a la par que un estudio de la viabilidad industrial en el atomizador (Azuliber) y en la planta de producción de gres porcelánico esmaltado (Bestile).

Se realizaron varias pruebas industriales, hasta dar como resultado a mitad de 2006 una composición competitiva desde un punto de vista técnico y económico. Dicha composición ha sido referenciada por Azuliber con el código BE-4/50 para su explotación comercial. Como resultado de esta segunda fase se presentó una nueva patente.

Las cifras barajadas a lo largo del año 2007 suponen el 89 % de la producción de la empresa Bestile, siendo el volumen de atomizado consumido de 27.385.000 Kg., con una producción estimada de 1.244.773 m<sup>2</sup> de porcelánico esmaltado y un incremento máximo de la producción del 70%, sin realizar inversiones adicionales en personal o maquinaria.

### » 3. COCCIÓN EN HORNO INDUSTRIAL

#### 3.1. Desarrollo experimental

Los ensayos descritos en el apartado anterior se realizaron en dos campañas de medidas de un día de duración cada una de ellas. El funcionamiento del horno en las dos ocasiones era estacionario. En la tabla 1 se indican las características del producto procesado en cada caso.

**Tabla 1 Características del producto procesado.**

Referencia	E-2	BE-4/50
Fecha	03/01/08	04/12/07
Material	Porcelánico esmaltado	Porcelánico esmaltado
Formato (cm x cm)	13 x 40	40 x 40
Modelo	Nebrasca	Manises
Peso medio pieza cocido (Kg./pieza)	1,023	3,086
Producción másica cocido (Kg. cocido/s)	1,057	1,753

La duración del ciclo de cocción es significativamente menor cuando el material procesado es el BE-4/50, como se observa en la tabla 2. La temperatura máxima de cocción es 1190 °C en ambos casos. En la figura 1 y en la figura 2 se han representado gráficamente las curvas de temperatura programadas en el horno en las dos ocasiones, en el plano superior e inferior del horno, respectivamente.

**Tabla 2 Parámetros de funcionamiento del horno.**

Referencia	E-2	BE-4/50
Horno utilizado	F40	F40
Duración del ciclo de cocción (minutos)	60	37
Temperatura máxima de cocción (°C)	1190	1190

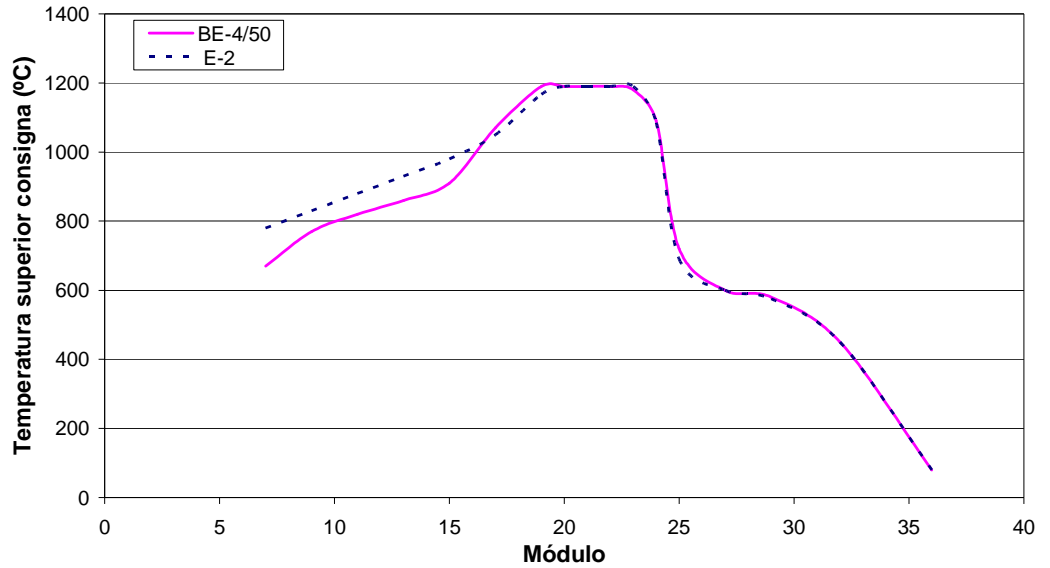


Figura 1 Curva de temperatura en el plano superior del horno para ambas composiciones.

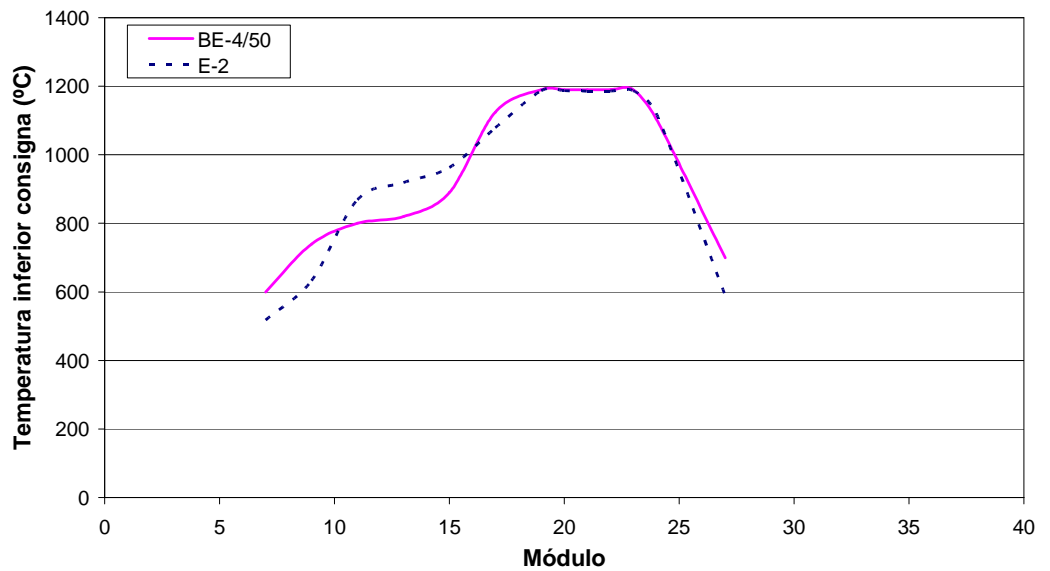


Figura 2 Curva de temperatura en el plano inferior del horno para ambas composiciones.

En la tabla 3 se resumen las características del combustible utilizado en ambas ocasiones. Los valores de poder calorífico inferior del combustible han sido proporcionados por ENAGÁS, y son función del punto y fecha de entrega. La composición utilizada en el cálculo de la emisión específica de CO<sub>2</sub> del gas natural es una composición media del gas natural distribuido en Castellón en el año 2000 (Fuente: MALLOL, G. et al. *Depuración de los gases de combustión en la industria cerámica*. ITC, 2001).

**Tabla 3 Características del combustible y consumo específico.**

Referencia		E-2	BE-4/50
Combustible		Gas natural	Gas natural
Composición (%)	Metano	90,0	90,0
	Etano	7,5	7,5
	Propano	1,5	1,5
Poder Calorífico Inferior ( Kwh./Nm <sup>3</sup> )		10,294	10,350
Caudal de gas natural consumido (Nm <sup>3</sup> /h)		278,2	395,2
Presión del gas en la conducción (bar)		2,4	2,4
Temperatura del gas en la conducción (°C)		7,0	10,7
Consumo específico (Kcal/kg cocido)*		647	557

\* Consumo específico referido al PCI del combustible y al producto cocido.

### 3.2. Resultados obtenidos

Las emisiones de dióxido de carbono se han calculado como la suma de las emisiones generadas en la combustión del gas natural en los quemadores del horno y las emisiones debidas a las descomposiciones de los carbonatos que contiene la composición.

#### 3.2.1. Emisiones de dióxido de carbono debidas a la combustión de gas natural

Las emisiones de dióxido de carbono generadas durante la combustión de gas natural en el horno se han estimado a partir del caudal de combustible consumido y de la emisión específica de CO<sub>2</sub> del gas natural. Éste valor depende de la composición del combustible. En este estudio se ha considerado la composición de gas natural que aparece en la tabla 3.

La emisión específica de dióxido de carbono para un combustible que presente esta composición es de 1,095 Nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> gas natural.

A partir de este valor y del caudal de combustible utilizado en cada caso, se obtienen los resultados que aparecen en la tabla 4.



**Tabla 4** Resultados obtenidos: Estimación de las emisiones de dióxido de carbono debidas a la combustión del gas natural.

Referencia		E-2	BE-4/50
Emisión de CO <sub>2</sub> (combustión del gas natural)	(Kg. CO <sub>2</sub> /s)	0,167	0,238
	(Kg. CO <sub>2</sub> /kg cocido)	0,158	0,136

### 3.2.2. Emisiones de dióxido de carbono debidas a la descomposición de los carbonatos

Se realizaron sendas calcimetrías para determinar el contenido en carbonatos de las dos composiciones estudiadas. El contenido en carbonatos se determinó mediante un calcímetro Bernard.

Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 5.

**Tabla 5** Resultados obtenidos: Calcimetría.

Referencia	E-2	BE-4/50
Naturaleza de la muestra	Atomizado	Atomizado
Contenido carbonatos (%) en	0,9	1,6

A partir de estos valores, y considerando que se produce una descomposición total de los carbonatos, se han estimado las emisiones de dióxido de carbono que se producen en la descomposición de los carbonatos durante la cocción de cada una de las dos composiciones estudiadas. Los resultados obtenidos aparecen en la tabla 6.

**Tabla 6** Resultados obtenidos: Estimación de las emisiones de dióxido de carbono debidas a la descomposición de los carbonatos.

Referencia		E-2	BE-4/50
Emisión de CO <sub>2</sub> (descomposición de los carbonatos)	(Kg. CO <sub>2</sub> /s)	0,004	0,012
	(kg CO <sub>2</sub> /kg cocido)	0,004	0,007

### 3.2.3. Emisiones de dióxido de carbono totales

Las emisiones de dióxido de carbono totales generadas durante la cocción de las dos composiciones estudiadas se han calculado como la suma de las emisiones generadas por la combustión de gas natural y por la descomposición de los carbonatos de la composición.

Los resultados obtenidos se resumen en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..**

**Tabla 7** Resultados obtenidos: Estimación de las emisiones totales de dióxido de carbono.

Referencia		E-2	BE-4/50
Emisión de CO <sub>2</sub> total	(kg CO <sub>2</sub> /s)	0,172	0,250
	(kg CO <sub>2</sub> /kg cocido)	0,162	0,143
	(kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> )	3,191	2,751

## » 4. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y DEL PRODUCTO FINAL

### 4.1. Determinación del diagrama de compactación y la resistencia mecánica en seco

#### Diagrama de compactación

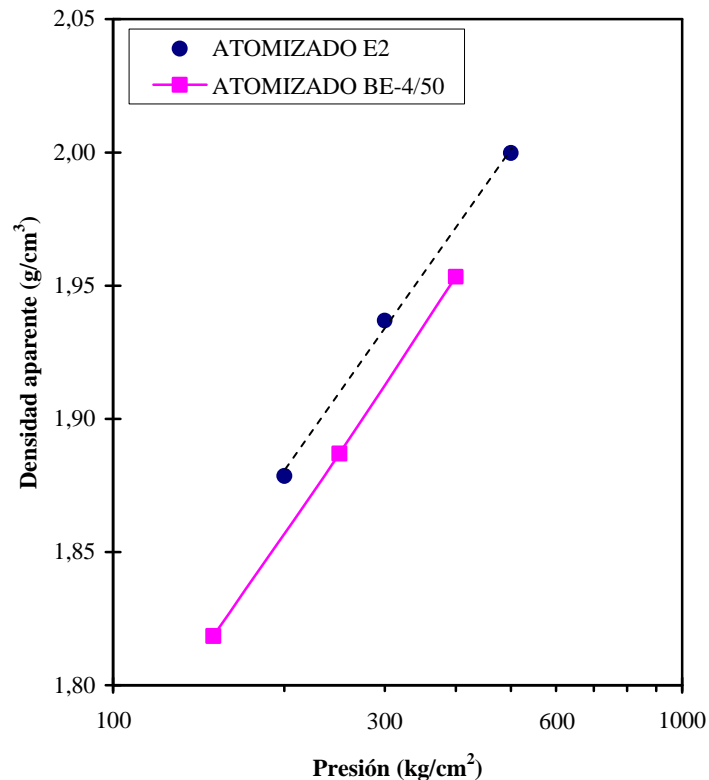
Para determinar el diagrama de compactación, se conformaron probetas cilíndricas (de 4 cm de diámetro y aproximadamente 7 mm. de espesor) a una humedad del 5,5% (base seca) y a diferentes presiones de prensado.

Las probetas se secaron a 110 °C en una estufa eléctrica de laboratorio, con recirculación de aire. Posteriormente, se pesaron y se determinó su densidad aparente en seco por el método de inmersión en mercurio.

Los valores obtenidos aparecen en la tabla 8. Estos valores se han representado gráficamente en la figura 3.

**Tabla 8** Resultados obtenidos: Diagrama de compactación.

	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad aparente en seco (g/cm <sup>3</sup> )
ATOMIZADO E-2	200	1,879
	300	1,937
	500	2,000
ATOMIZADO BE-4/50	150	1,819
	250	1,887
	400	1,953



**Figura 3** Evolución de la densidad aparente en seco con la presión.

#### Resistencia mecánica en seco

La resistencia mecánica en seco se determinó mediante flexión por tres puntos de apoyo. Para ello se moldearon probetas prismáticas de 80 mm de longitud, 20 mm de anchura y aproximadamente 7mm de espesor por prensado unidireccional, a una humedad de prensado del 5,5% (b.s.) y a la presión necesaria para obtener una densidad aparente en seco de 1,96 g/cm<sup>3</sup>. Las probetas fueron secadas en una estufa eléctrica de laboratorio con recirculación de aire a 110°C. Posteriormente, se pesaron de nuevo y se determinó su densidad aparente por el método de inmersión en mercurio.

Antes de la realización de los ensayos las probetas se introdujeron en un desecador a vacío el tiempo necesario para que alcanzasen la temperatura ambiente (15 minutos aproximadamente), con el objeto de que su hidratación fuese mínima.

Los ensayos se realizaron en una máquina de ensayos mecánicos (Instron) a una velocidad de deformación constante de 1 mm/min.

El dispositivo de flexión mediante tres puntos de apoyo consta de dos bordes de apoyo inferiores (soportes) por lo general cilíndricos, sobre los que se sitúa la probeta, y un apoyo superior, también cilíndrico, mediante el cual se aplica la carga. La resistencia mecánica a la tracción de una pieza sometida a un ensayo de flexión por tres puntos de apoyo viene dada por la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{3 \cdot F_{\max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot e^2}$$

Donde:

$\sigma$  : resistencia mecánica en seco ( $\text{kg/cm}^2$ ).

$F_{\max}$  : fuerza máxima antes de la rotura o carga de rotura (kgf).

$L$  : distancia entre apoyos (cm).

$b$  : anchura de la probeta (cm).

$e$  : espesor de la probeta (cm).

Los resultados obtenidos aparecen en la tabla 9.

**Tabla 9** Resultados obtenidos: Resistencia mecánica en seco.

Referencia	E-2	BE-4/50
Humedad (%)	5,5	5,5
Presión ( $\text{kg/cm}^2$ )	350	410
Densidad aparente( $\text{g/cm}^3$ )	1,954	1,958
Resistencia a la flexión ( $\text{kg/cm}^2$ )	40±1	41±1

#### 4.2. Determinación de la contracción lineal de piezas industriales

La contracción lineal se determinó en 10 baldosas cocidas en el horno monoestrato de rodillos, con referencia F40, que la empresa BESTILE S.L. posee en sus instalaciones. La duración del ciclo de cocción en cada caso fue el indicado en la tabla 2 y la curva de temperatura la que aparece en la figura 1.

La contracción lineal de las baldosas cerámicas se ha determinado mediante la siguiente expresión:

$$CL(\%) = \frac{L_o - L_i}{L_o} \cdot 100$$

Donde:

$CL$  : Contracción lineal (%)

$L_o$  : Longitud de la baldosa antes de la cocción (mm)

$L_i$  : Longitud de la baldosa después de la cocción (mm)

Los resultados obtenidos para ambas composiciones aparecen en la tabla 10.

**Tabla 10 Resultados obtenidos: Contracción lineal.**

Referencia	E-2	BE-4/50
Contracción lineal (%)	7,41	7,91

#### 4.3. Absorción de agua mediante impregnación por ebullición de piezas industriales

Este ensayo se ha realizado siguiendo el método descrito en la norma UNE EN ISO 10545-3: 1997 "Baldosas Cerámicas- Parte 3: Determinación de la absorción de agua, de la porosidad abierta, de la densidad relativa aparente, y de la densidad aparente".

Se ha determinado la absorción de agua mediante el método de ebullición, que consiste en obtener el incremento de peso resultante de mantener las baldosas en agua a ebullición durante dos horas, seguidas de otras cuatro de reposo en el seno de la misma agua.

**Tabla 11 Resultados obtenidos: Absorción de agua.**

Referencia	E-2	BE-4/50
Baldosa	Absorción de agua (%)	
1	0,3	0,1
2	0,6	0,1
3	0,5	0,1
4	0,6	0,2
5	0,2	0,1
<b>Valor medio</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>

La norma UNE EN ISO 10545-3:1997 "Baldosas Cerámicas – Parte 3: Determinación de la absorción de agua, de la porosidad abierta, de la densidad relativa aparente, y de la densidad aparente" establece un límite máximo de absorción de agua para gres porcelánico de 0,5%.

Por lo tanto, tanto el material de composición BE-4/50 como el material de composición E-2 cumplen con los requisitos de absorción de agua que establece dicha norma.

#### 4.4. Planaridad, curvatura central, lateral y alabeo de piezas industriales

Este ensayo se ha realizado siguiendo el método descrito en la norma UNE EN ISO 10545-2: 1998 "Baldosas Cerámicas - Parte 2: Determinación de las dimensiones y del aspecto superficial".

En este caso se ha determinado únicamente la planitud de superficie (curvatura central, curvatura lateral y alabeo).

Debido al diseño rugoso de las baldosas de composición E-2, no fue posible realizar este ensayo con este modelo. Los valores obtenidos para las baldosas de composición BE-4/50 aparecen en las tablas siguientes.

**Medidas de curvatura central**

Longitud de la diagonal según las medidas de fabricación: **565,70 mm**

Muestra 1: **MUESTRA BE-4/50**

**Tabla 12** Resultados obtenidos: Valores individuales de curvatura central (mm).

Valores individuales de curvatura central (mm)				
Baldosa	CCL1	CCL2	CCA1	CCA2
1	-1,15	-1,21	-0,62	-0,62
2	0,60	0,59	0,75	0,75
3	-1,15	-1,22	-0,57	-0,57
4	0,51	0,49	0,72	0,72
5	-0,26	-0,24	-0,48	-0,48
6	0,69	0,69	0,69	0,69
7	-0,40	-0,37	-0,64	-0,64
8	0,58	0,60	0,33	0,33
9	0,57	0,55	0,70	0,70
10	0,58	0,59	0,51	0,51

**Tabla 13** Resultados obtenidos: Curvatura central con relación a la diagonal según medidas de fabricación (%).

Curvatura central con relación a la diagonal según medidas de fabricación (%)				
Baldosa	CCL1	CCL2	CCA1	CCA2
1	-0,20	-0,21	-0,11	-0,11
2	0,11	0,10	0,13	0,13
3	-0,20	-0,22	-0,10	-0,10
4	0,09	0,09	0,13	0,13
5	-0,05	-0,04	-0,09	-0,09
6	0,12	0,12	0,12	0,12
7	-0,07	-0,07	-0,11	-0,11
8	0,10	0,11	0,06	0,06
9	0,10	0,10	0,12	0,12
10	0,10	0,10	0,09	0,09

- Curvatura central máxima respecto a la diagonal: **-0,22/0,13 %**

### Medidas de curvatura lateral

Medidas de fabricación: 400 mm x 400 mm

Muestra 1: MUESTRA BE-4/50

**Tabla 14** Resultados obtenidos: Valores individuales de curvatura lateral (mm).

Valores individuales de curvatura lateral (mm)				
Baldosa	CLL1	CLL2	CLA1	CLA2
1	-0,35	-0,66	-0,20	-0,31
2	0,05	0,21	0,80	0,51
3	-0,42	-0,65	-0,20	-0,26
4	0,18	0,36	0,56	0,46
5	-0,29	0,08	0,04	-0,09
6	0,32	0,30	0,47	0,58
7	-0,37	-0,01	-0,04	-0,15
8	0,28	0,27	0,36	0,41
9	0,22	0,39	0,49	0,43
10	0,23	0,37	0,47	0,42

**Tabla 15** Resultados obtenidos: Curvatura lateral con relación a las medidas de fabricación (%).

Curvatura lateral con relación a las medidas de fabricación (%)				
Baldosa	CLL1	CLL2	CLA1	CLA2
1	-0,09	-0,16	-0,05	-0,08
2	0,01	0,05	0,20	0,13
3	-0,11	-0,16	-0,05	-0,06
4	0,05	0,09	0,14	0,11
5	-0,07	0,02	0,01	-0,02
6	0,08	0,07	0,12	0,15
7	-0,09	0,00	-0,01	-0,04
8	0,07	0,07	0,09	0,10
9	0,05	0,10	0,12	0,11
10	0,06	0,09	0,12	0,11

- Curvatura lateral máxima respecto a la medida de fabricación: **-0,16/0,20 %**

**Medidas de alabeo**

Longitud de la diagonal según las medidas de fabricación: **565,70 mm**

Muestra 1: **MUESTRA BE-4/50**

**Tabla 16** Resultados obtenidos: Valores individuales de alabeo (mm).

Valores individuales de alabeo (mm)				
Baldosa	AL1	AL2	AA1	AA2
1	-1,12	-1,12	1,12	1,12
2	-0,32	-0,32	0,32	0,32
3	-1,23	-1,23	1,23	1,23
4	-0,43	-0,43	0,43	0,43
5	0,47	0,47	-0,47	-0,47
6	0,01	0,01	-0,01	-0,01
7	0,52	0,52	-0,52	-0,52
8	0,51	0,51	-0,51	-0,51
9	-0,28	-0,28	0,28	0,28
10	0,16	0,16	-0,16	-0,16

**Tabla 17** Resultados obtenidos: Alabeo con relación a la diagonal según medidas de fabricación (%).

Alabeo con relación a la diagonal según medidas de fabricación (%)				
Baldosa	AL1	AL2	AA1	AA2
1	-0,20	-0,20	0,20	0,20
2	-0,06	-0,06	0,06	0,06
3	-0,22	-0,22	0,22	0,22
4	-0,08	-0,08	0,08	0,08
5	0,08	0,08	-0,08	-0,08
6	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,09	0,09	-0,09	-0,09
8	0,09	0,09	-0,09	-0,09
9	-0,05	-0,05	0,05	0,05
10	0,03	0,03	-0,03	-0,03

- Alabeo máximo respecto a la diagonal: **-0,22/0,22 %**

La norma UNE EN ISO 10544-2:1998 "Baldosas Cerámicas – Parte 2: Determinación de las dimensiones y del aspecto superficial" establece los siguientes límites máximos:

- Curvatura central: <0,5%
- Curvatura lateral: <0,5%
- Alabeo: <0,5%



Por lo tanto, el material de composición BE-4/50 cumple con los requisitos de planaridad que establece dicha norma.

## » 5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se compararán los resultados obtenidos para la composición de referencia BE-4/50, con una composición habitualmente utilizada en el sector para la fabricación de gres porcelánico, la composición E-2.

En la tabla 18 se resumen los resultados obtenidos para ambas composiciones. En la columna de la derecha se ha incluido el porcentaje de disminución o aumento de cada variable con respecto a la composición habitual E-2. Este porcentaje se define como:

$$\Delta C(\%) = \frac{(BE - 4/50) - (E - 2)}{(E - 2)} \cdot 100$$

**Tabla 18** Resumen y comparación de resultados.

		E-2	BE-4/50	ΔC (%)	
<b>HORNO</b>	<b>Parámetros de funcionamiento del horno</b>				
	Duración del ciclo (min)		60	37	-38,3
	Temperatura máxima de cocción (°C)		1190	1190	0
	<b>Consumos y producción</b>				
	Consumo de gas natural	(Nm <sup>3</sup> /t cocido)	73,11	62,63	-14,4
		(Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> cocido)	1,44	1,21	-16,0
	Producción	(kg cocido/s)	1,057	1,753	65,8
		(m <sup>2</sup> cocido/día)	4643	7851	69,1
	Consumo específico (kcal/kg cocido)*		647	557	-13,9
	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> en cocción</b>				
	Emisiones específicas	(kg CO <sub>2</sub> /kg cocido)	0,162	0,143	-12,1
		(kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> cocido)	3,191	2,751	-13,8

\* Consumo específico referido al PCI del combustible y al producto cocido.

		E-2	BE-4/50	ΔC (%)
PRODUCTO	<b>Caracterización del producto</b>			
	Resistencia mecánica en seco (kg/cm <sup>2</sup> )	40	41	2,5
	Contracción lineal (%)	7,41	7,91	6,7
	Absorción de agua (%)	0,4	0,1	-75
	Planaridad	-*	<0,5%	-

\* No fue posible su determinación.

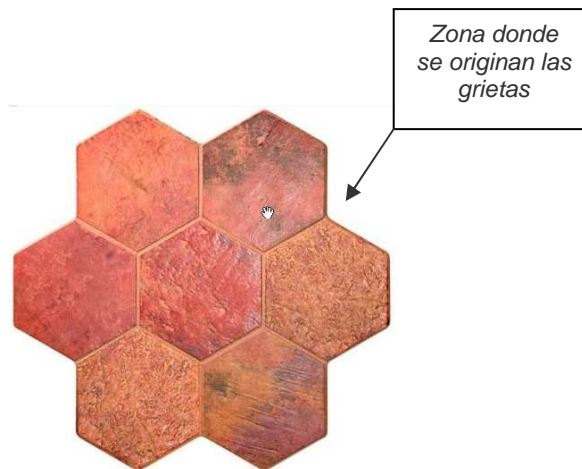
De la observación de los resultados recogidos en la tabla 18 se pueden destacar los siguientes aspectos:

- La disminución de la duración del ciclo de cocción se ve reflejada directamente en el aumento de la producción. Cuando el material procesado es el de la composición BE-4/50, se consigue **augmentar la producción en un 69,1%**, con respecto a la producción del mismo horno cuando el material procesado es el de composición E-2.
- Aunque el consumo absoluto de gas natural en el horno es mayor cuando el producto fabricado es el BE-4/50, el **consumo energético específico es un 13,9% menor** con respecto a la energía consumida para fabricar el mismo peso de baldosas de composición E-2.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen dos orígenes: combustión de gas natural y descomposición de los carbonatos presentes en la composición. El contenido de carbonatos de la composición BE-4/50 es ligeramente mayor que el de la composición E-2, sin embargo el consumo de energía térmica es mucho menor. El efecto global en la cocción industrial de la composición BE-4/50 es la disminución de la emisión específica de dióxido de carbono. Concretamente, la composición BE-4/50 tiene **una emisión específica de dióxido de carbono un 12,1 ó un 13,8% menor** por unidad de masa o superficie, respectivamente.
- La composición BE-4/50 presenta una mayor contracción lineal durante la fase de cocción. Los ensayos de absorción de agua y planaridad llevados a cabo indican que los productos obtenidos con las dos composiciones estudiadas cumplen con las especificaciones que marcan las normas UNE señaladas en apartados anteriores, para baldosas del grupo BIa (UNE-EN 14411 Baldosas prensadas en seco).

## » 6. INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS

Además de la información comentada respecto al estudio comparativo de las diferentes composiciones, en el presente trabajo se ha recopilado información adicional que puede ser de gran interés a la hora de evaluar las posibles ventajas de incorporar una composición de este tipo a nuestra producción.

La empresa Bestile, gracias a esta composición, se ha especializado en el desarrollo de cerámica que presenta una elevada dificultad de fabricación, como es el ejemplo de la serie MILLENIUM, la cual se caracteriza, como puede verse en la imagen por disponer de hasta 18 lados (octodecaedro).



**Imagen 1. Ejemplo de pieza cerámica de la serie MILLENIUM**

Este tipo de cerámica, al igual que los múltiples diseños de formas “complejas” que oferta la empresa Bestile presenta enormes dificultades de producción con las pastas tradicionales debido a la aparición de grietas en el proceso de cocción. Gracias a esta pasta, el número de grietas se reduce de forma drástica.

Es importante resaltar también que todo el estudio está centrado en el uso de la composición para el caso particular de una empresa. Las condiciones de trabajo han sido adaptadas a las de dicha empresa pero las posibilidades que ofrece este tipo de materia prima son múltiples.

A continuación se enumeran, a modo de ejemplo, una serie de perfiles de empresa o situaciones puntuales de las mismas para los que dicho cambio no solo es recomendable sino que puede suponer una mejora optimizada de los resultados e incluso la posibilidad de ampliar la gama de productos sin ser necesaria la inversión en tecnologías altamente costosas:

- Empresa que tiene limitada su producción por elevado tiempo del ciclo de cocción.
- Empresa que, manteniendo el mismo volumen de facturación, desea prescindir de algún horno poco productivo o costoso (hornos pequeños de baja productividad).
- Empresas que desean ajustar su producción a las demandas del mercado.
- Empresa que quiere incrementar su productividad sin realizar nuevas inversiones.
- Empresa que desea realizar productos con muchas aplicaciones, donde las piezas en crudo son sometidas a un esfuerzo elevado.
- Empresa que, por sus características técnicas (hornos pequeños, rodillos de baja temperatura, zonas de enfriamiento subóptima, etc.), no está en disposición de fabricar gres porcelánico tradicional y, sin embargo, pretenden introducirse en esta tecnología sin necesidad de incorporar maquinaria nueva.
- Empresa que desea elaborar productos con formatos especiales o grandes formatos que requieran una elevada resistencia mecánica en seco.
- Empresa que desea reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorar su eficiencia energética.
- Empresa que, manteniendo los mismos ciclos de producción, necesiten disminuir temperatura máxima de cocción.





Instituto de Tecnología Cerámica



Financiado por:



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y CIENCIA



GENERALITAT VALENCIANA  
CONSELLERIA D'EMPRESA, UNIVERSITAT I CIENCIA

“Reservados todos los derechos. El contenido de este informe goza de la protección que le otorga la ley, y no podrá ser reproducido, distribuido, transformado o comunicado públicamente, en todo o en parte, sin la autorización expresa del Instituto de Tecnología Cerámica – AICE”

© ITC-AICE, 2008

[www.itc.uji.es](http://www.itc.uji.es)

**Sede Central:**  
Campus Universitario Riu Sec  
Avda. de Vicent Sos Baynat, s/n | 12006 Castellón (Spain)

**Sede ALICER:**  
Avda. del Mar, 42 | 12003 Castellón (Spain)

Tel. 34 964 34 24 24 | Fax 34 964 34 24 25

