

## Método LASERFIRING, un nuevo proceso de fabricación cerámica

**Autores:** *Jorge Velasco, Roberto Díaz, AITEMIN*  
*Eusebio Guerrero y María Josep Mur, Physic gm*  
*Xermán de la Fuente, Carlos Estepa e Isabel de Francisco,*  
**Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA)**  
*Ramón Sans, Easy Laser*

### INTRODUCCIÓN

Desde septiembre de 2010, financiado por el Programa LIFE de la Unión Europea, viene desarrollándose el proyecto LASERFIRING que persigue disminuir el consumo energético del proceso cerámico haciéndolo, por tanto, más rentable y más ecológico al disminuir las emisiones de anhídrido carbónico.

El proyecto consiste en utilizar la tecnología láser en el proceso de cocción cerámico para dotar a las superficies cerámicas de propiedades tecnológicas de altas prestaciones y de la estética que se desee.

Desde hace tiempo las características de los ladrillos cara vista suelen estar asociadas a las exigencias de la envolvente del edificio (aislamiento, estanqueidad, etc) más que a exigencias de carácter estructural, sobre todo en edificios de varias alturas, recayendo sobre otros materiales (hormigón, acero, etc) las exigencias de capacidad portante del edificio. Sin embargo la alta resistencia mecánica de las piezas cerámicas ha sido, y sigue siendo, un argumento comercial de primer orden.

En general para conseguir altas resistencias mecánicas es necesario aumentar las temperaturas de cocción y, por tanto, los costes de fabricación y sin embargo estas prestaciones tan elevadas no son en realidad necesarias.

Si no se necesita elevada resistencia mecánica, ¿qué es lo que realmente importa en una pieza cerámica cara vista?, bien sea ladrillo o bien sea teja; básicamente dos aspectos: durabilidad y una estética adecuada y uniforme.

Cuando se habla de durabilidad en piezas cara vista en cerámica estructural, normalmente nos estamos refiriendo a la resistencia a la helada, en general la baja resistencia a los ciclos de hielo-deshielo suele estar relacionada con una baja temperatura de cocción. No obstante si las caras en contacto con el exterior presentan valores de succión muy bajos, debido a tratamientos que supongan fusiones superficiales, esto evitará o disminuirá en gran medida la entrada de agua en la estructura de la pieza, que a la larga es lo que provoca las roturas por heladicidad, esto plantea el hecho de que será necesario encontrar una solución de compromiso que haga que se produzcan las siguientes condiciones:

- Disminución significativa de la temperatura de cocción.
- Mantener la resistencia mecánica en niveles en torno a 12-15 MPa como mínimo.
- Las piezas no pueden ser heladizas.

Si se consiguen estas tres condiciones se obtendrán las siguientes ventajas:

- Disminución de los costes de producción. Tanto mayor será la disminución de costes cuanto mayor sea la temperatura a la que se esté cociendo sin láser.
- Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>
- Obtención de una amplia gama de colores sin la necesidad de añadir aditivos.
- Muy probablemente no será necesario hidrofugar los productos.

Las ventajas, en principio, parecen más que suficientes como para que el nuevo proceso sea atractivo, a lo largo de este artículo se irán desarrollando los distintos aspectos a tener en cuenta.

### SOCIOS DEL PROYECTO

Como ya se ha comentado, el proyecto, cuyo título es “Adaptación al Cambio Climático de la Industria Cerámica Estructural por Disminución de las Temperaturas de Cocción por Tratamientos Láser” (LASEFIRING), está cofinanciado por la Comisión Europea dentro del programa LIFE con el número LIF09 ENV/ES/435. Los socios que participan en el proyecto son los siguientes:

- Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA) (centro mixto del CSIC y la Universidad de Zaragoza) que actúa como socio coordinador y su aportación al proyecto se basa en su amplio conocimiento del láser y sus aplicaciones en materiales.
- Physic gm fabricante de instalaciones cerámicas, especialistas en hornos, secaderos y optimización de los consumos energéticos. Su participación en el proyecto consiste en la fabricación del prototipo demostrativo del proyecto consistente, como se explicará más adelante, en un horno al que se le incorpora la aplicación láser y un secadero.
- Easy Laser empresa de aplicaciones láser que trabaja en todos los campos de aplicación de la tecnología láser. En el proyecto diseñará y suministrará la aplicación láser para el prototipo.
- AITEMIN Centro Tecnológico especialistas en cerámica estructural. En su Centro Tecnológico de Toledo se instalará el prototipo y se realizará toda la experimentación del proyecto utilizando, además del prototipo, la planta piloto ya existente.

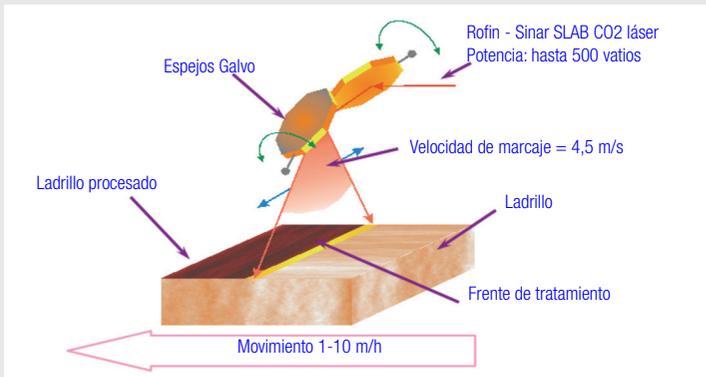


Figura 1.- Proceso de tratamiento

### HORNO LASERFIRING

El horno Laserfiring consiste, básicamente, en un horno de rodillos con dos equipos láser, uno en la parte superior del horno y el otro en la parte inferior, de tal manera que puedan tratarse los dos cantos y las dos testas del ladrillo. El láser utilizado es de CO<sub>2</sub>.

El proceso del tratamiento con láser se ilustra en la figura 1. Mientras la pieza cerámica va desplazándose a lo largo del horno, el láser se aplica de manera transversal al desplazamiento de la pieza, de tal manera que toda la superficie quede tratada. Los efectos del tratamiento láser sobre la superficie cerámica pueden ser graduados, de tal manera que es posible aumentar la temperatura hasta la fusión o bien provocar un aumento limitado. Esta graduación de la intensidad del tratamiento se traduce en las propiedades que se transmiten a la superficie cerámica, entre ellas el color, de tal manera que variando la intensidad de tratamiento se consiguen diferentes colores en la superficie cerámica.

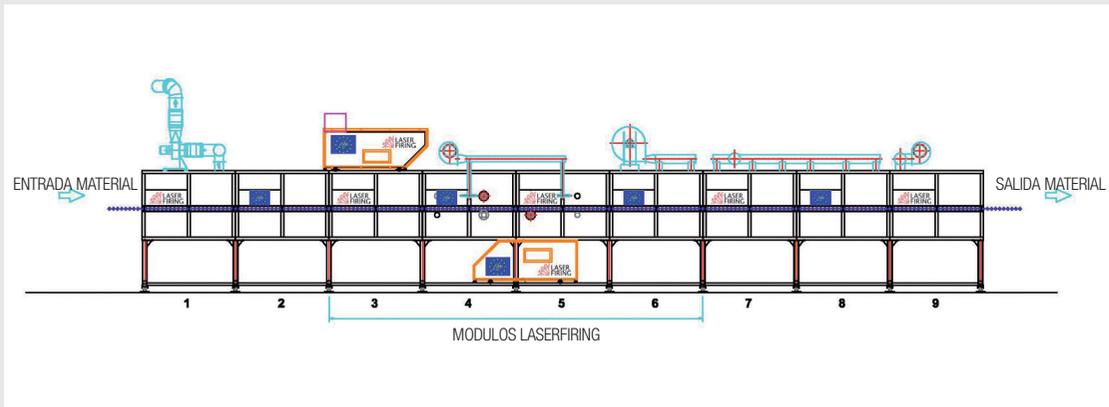


Figura 2.- Horno Laserfiring

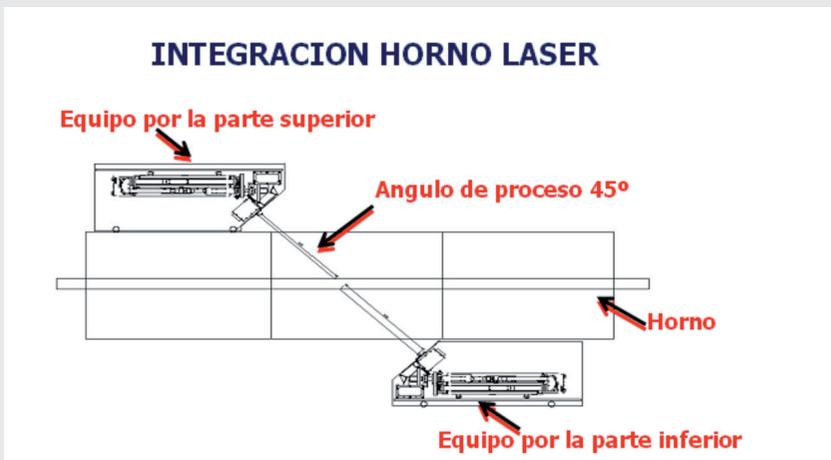


Figura 3.- Integración láser

El horno desarrollado es un horno de rodillos de 15 m (figura 2) de largo en el que el tratamiento láser se realiza mediante dos equipos uno colocado en la parte superior del horno y el otro en la parte inferior (figura 3). El láser incide con un ángulo de 45° de tal manera que el láser de la parte superior trata el canto superior del ladrillo y la testa trasera, mientras que el equipo láser colocado en la parte inferior del horno trata el canto de apoyo y la testa delantera (figura 4).

El proceso LASERFIRING no está limitado a la fabricación de ladrillos, sino que podría aplicarse a cualquier tipo de pieza cerámica, con muy especial indicación para tejas, que al tratarse de materiales de menor grosor el tratamiento sería incluso más sencillo, sin embargo en este proyecto, ya que se trata de un proyecto demostrativo, se ha optado por la fabricación de un horno para ladrillos, que, no obstante, podría ser adaptado, una vez que finalice el proyecto para efectuar pruebas con otro tipo de piezas cerámicas.

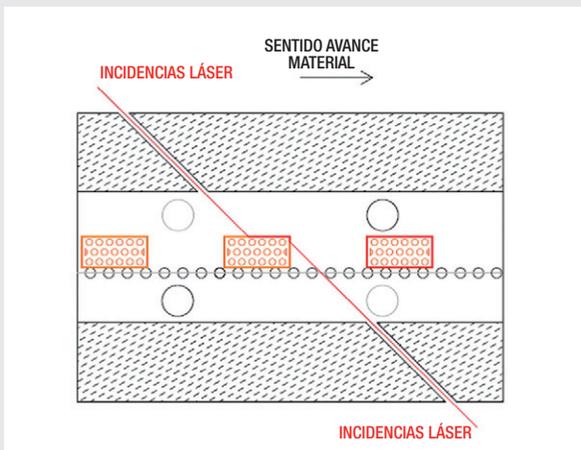


Figura 4.- Incidencia del láser en las piezas cerámicas

## DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto Laserfiring consta de cuatro etapas técnicas:

- Ensayos previos.
- Diseño, instalación y puesta en marcha del horno laserfiring.
- Experimentación en planta piloto.
- Estudio y análisis de resultados experimentales.

### Ensayos previos

Se efectuó un estudio a escala de laboratorio de una arcilla de cocción roja tradicional en la fabricación de cerámica estructural y una arcilla refractaria utilizada en la fabricación de ladrillos de gres.

Con estas arcillas se prepararon probetas por extrusión a vacío en AITEMIN y fueron cocidas y sometidas a tratamiento en láser en el ICMA, en un horno semejante al que posteriormente se utilizaría en el proyecto, si bien con sólo un láser, las probetas así tratadas fueron posteriormente analizadas en AITEMIN para comprobar las propiedades tecnológicas.

Las condiciones de tratamiento, así como los resultados obtenidos se recopilan en las tablas 1 y 2.

Cuanto mayor sea el número de pulsos láser mas intenso será el tratamiento. En la tabla 1 se observan los colores de las probetas tratadas que como se puede ver abarcan desde colores salmón hasta negro.

Al estudiar la tabla 2 se observa que se obtienen mejores resultados cuando se utiliza arcilla roja, lo cual no es de extrañar dado que la temperatura de cocción habitual de esta arcilla está en torno a 900 °C, mientras que en el caso de la arcilla de gres su temperatura de cocción es 1250 °C y las temperaturas utilizadas están mas cercanas a 900 °C.

Tabla 1.- Condiciones de tratamiento

		Temperatura de tratamiento (°C)	Velocidad lineal tratamiento (mm/h)	Densidad de pulsos láser (pulsos/mm)
	R-650-C <sub>6</sub>	650	1500	0,6
	R-650-C <sub>2</sub>	650	1500	10
	R-700-C <sub>5</sub>	700	1500	1,2
	R-800-C <sub>6</sub>	800	1500	0,6
	R-800-C <sub>1</sub>	800	1500	15
	GA-650-C <sub>5</sub>	650	1500	1,2
	GA-650-C <sub>4</sub>	650	1500	6
	GA-700-C <sub>3</sub>	700	1500	7,5
	GA-700-C <sub>1</sub>	700	1500	15
	GA-750-C <sub>1</sub>	759	1500	15

Tabla 2.- Resultados

	Densidad (g/cm3)	Succión (kg/m2.min)	Resistencia mecánica (MPa)	Heladicidad (ciclos)
Arcilla roja				
R-650-C <sub>6</sub>	1,90	0,47	3,5	> 125
R-650-C <sub>2</sub>	1,95	0,47	3,9	> 125
R-700-C <sub>5</sub>	1,93	0,46	4,2	> 125
R-800-C <sub>6</sub>	1,93	0,64	6,5	> 125
R-800-C <sub>1</sub>	1,98	0,66	7,3	> 125
Arcilla gres				
GA-650-C <sub>5</sub>	1,88	0,95	1,5	13-22
GA-650-C <sub>4</sub>	1,88	1,04	1,3	13-22
GA-700-C <sub>3</sub>	1,88	1,06	1,1	13-22
GA-700-C <sub>1</sub>	1,87	1,11	1,0	11
GA-750-C <sub>1</sub>	1,87	1,28	1,2	10

Sin embargo ocurre algo bastante peculiar y es que si bien en las probetas de arcilla roja cuanto mayor es la temperatura de cocción y más intenso es el tratamiento con láser mejores son las propiedades tecnológicas obtenidas, sin embargo en el caso de la arcilla de gres esto ocurre al revés, cuanto más intenso es el tratamiento láser empeoran, en cierta medida, los resultados. Se cree que esto es debido al carácter refractario de la arcilla de gres que hace que la transmisión de calor sea menos eficiente que en la arcilla roja y no transmita la energía aportada por el láser.

En cualquier caso, los resultados obtenidos en los ensayos previos ponen de manifiesto que pueden producirse ahorros energéticos en los niveles planteados al inicio del proyecto y que se puede conseguir una amplia gama de colores. Quedaron definidas las condiciones de trabajo para los ensayos de planta piloto.

### Diseño, instalación y puesta en marcha del horno LASERFIRING

Ya se ha comentado el diseño del horno LASERFIRING, el cual ha sido efectuado por Physic gm y EasyLaser. Actualmente, se ha completado la instalación y la puesta en marcha, tanto del horno como del secadero, en las instalaciones de AITEMIN en Toledo.

En las fotografías siguientes se observa la instalación.



Foto 1 Vista general de la instalación



Foto 4 Secadero



Foto 2 Horno LASERFIRING



Foto 5 Detalle del equipo láser de la superior

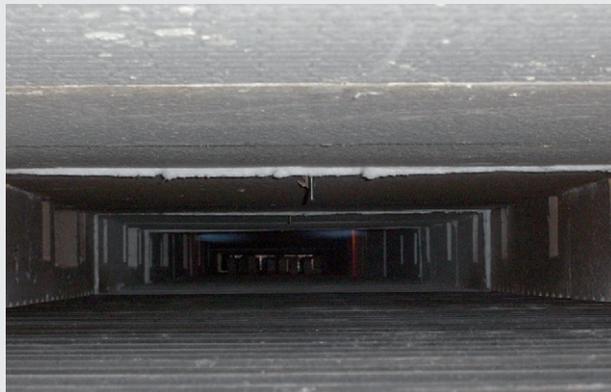


Foto 6 Interior del horno



Foto 3 Horno con detalle de los dos equipos láser



Foto 7 Planta piloto de AITEMIN

En las figura 1 y 2 se observan vistas generales de la instalación. En la foto 3 se observa el horno con los dos equipos láser, el de arriba en primer plano y el de abajo al fondo. En la foto 4 se ve el secadero, de cuatro pisos que recupera el calor del horno, aunque también dispone de un quemador de vena de aire, por si fuera necesario. En la foto 5 se observa el equipo láser superior y por último en la foto 7 aparece el interior del horno, con los quemadores encendidos pero todavía a baja temperatura.

El horno es modular, constituido por nueve módulos y cuatro de ellos están preparados para albergar los equipos láser, de tal manera que es posible efectuar el tratamiento en distintas zonas de la curva de cocción. Dispone de cuatro quemadores colocados en el módulo central, recuperación para secadero, enfriamiento rápido y contravec. Los equipos láser pueden desplazarse por unos railes para colocarse en el módulo que interese. Este diseño hace que el horno tenga una gran versatilidad y por tanto sea ideal para el desarrollo del nuevo proceso de fabricación cerámica.

Para la experimentación se cuenta además con la planta piloto de fabricación cerámica existente en AITEMIN, la cual consiste en una línea de fabricación por vía húmeda: laminador de rodillos, mezcladora, extrusora y cortadora, tal y como se observa en la fotografía 7.

La capacidad de producción de la instalación está en torno a 1 t/día de producto procesado.

#### *Experimentación en planta piloto*

Actualmente se ha comenzado la experimentación en la planta piloto y, además de haber fabricado en torno a 3000 ladrillos de diferentes mezclas cerámicas para su posterior cocción y tratamiento láser, se han realizado las primeras cocciones con láser con ladrillos cuya temperatura de cocción habitual está en torno a 1200 °C.

Los resultados iniciales indican que cociendo a una temperatura de 800 °C (400 °C menos) se han obtenido ladrillos con el mismo aspecto estético en sus caras vistas, con resistencias mecánicas en torno a 15 MPa y que han sido capaces de superar dos ensayos consecutivos de heladicidad, es decir 50 ciclos cuando la norma de ensayo exige 25.

Si bien estos resultados son preliminares y para un determinado tipo de arcilla, no pueden ser más alentadores.

#### **CONCLUSIONES**

Se está desarrollando un nuevo proceso de fabricación cerámica denominado LASERFIRING que está siendo cofinanciado por la Comisión Europea mediante el programa LIFE.

Este nuevo proceso persigue la disminución de emisiones de anhídrido carbónico mediante la disminución de los consumos energéticos de la cocción cerámica, utilizando para ello tecnología láser que complementa al proceso de cocción habitual.

Se dispone de una planta piloto experimental con el prototipo LASERFIRING que ya está obteniendo los primeros resultados positivos con posibles disminuciones en la temperatura de cocción de 400 °C. Este ahorro supondría una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> de un mínimo de 30 kg por tonelada de producto cerámica fabricado, que supone una disminución del 20%.

Since September 2010, the EU's LIFE programme has been funding the development of the LASER FIRING project. The objective of the project is to reduce energy consumption in the manufacture of brick to make it more profitable and environmentally-friendly by reducing carbon dioxide emissions. To achieve high mechanical strength, it is generally necessary to increase firing temperatures and, consequently, manufacturing costs. However, such high-performance requirements are not really necessary because brick is not normally used for structural purposes.

The newly proposed system for the manufacture of brick guarantees frost-resistance and a minimum resistance of approximately 12-15 MPa, but reduces production costs, CO<sub>2</sub> emissions, enables a wide range of additive-free colours and will very likely eliminate the need to waterproof the products.

#### **LASER FIRING KILN**

The laser firing kiln basically consists of a roller kiln with two laser devices: one at the top of the kiln and the other at the bottom to enable the processing of the brick's two stretchers and headers. The laser used is a CO<sub>2</sub> laser, which is applied to the displaced piece transversely so that the whole surface is treated; this may be done gradually to obtain different colours.

The treatment may also be used on other ceramic pieces such as roof tiles, floor tiles, etc.

#### **PROJECT DEVELOPMENT**

The project was developed in four technical stages. During the first stage, preliminary tests were carried out with extrusion specimens that were processed with just one laser. These were then analysed in the laboratory to check their technological properties. It was found that for red clay, the higher the firing temperature and the greater the intensity of the laser, the better the properties. However, the opposite is the case with stoneware clay: the more intense the laser treatment, the worse the result, possibly due to the refractory nature of this type of raw material.

Later on, a laser firing kiln was designed, installed and put into operation in a pilot plant and the results were studied and analysed in the laboratory.

#### **CONCLUSIONS**

The initial results suggest that firing at a temperature of 800 °C (400 °C less than the normal temperature of 1200°) produces bricks of the same aesthetic appearance on the exposed faces. These had a mechanical strength of approximately 15 MPa and were capable of passing two consecutive freeze tests, that is to say, 50 cycles, when the test standard is 25. The savings incurred by reducing the firing temperature give rise to a reduction in CO<sub>2</sub> emissions of at least 30 kg per tonne of manufactured ceramic tile, which represents a decrease of 20% over current levels.



Los artículos técnicos son facilitados por Hispalyt (asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas de arcilla cocida) y forman parte de los programas de investigación que desarrolla sobre los distintos materiales cerámicos y su aplicación.