
Sede UJI

Campus Universitario Riu Sec
Av. Vicent Sos Baynat s/n
12006 Castelló (Spain)

Sede Almassora

Pol. Ind SUPOI 8
C/Cedrillas, 20
12550 Almassora-Castelló (Spain)

www.itc.uji.es

info@itc.uji.es
T. +34 964 34 24 24
F. +34 964 34 24 25

Evolución de las emisiones de CO2 del sector español de baldosas cerámicas.

Informe nº C212849

Nº de páginas 21

ASCER, Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos

Castellón, 21 de octubre de 2021



Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| 1. Contexto normativo y regulatorio | 2 |
| 2. Evolución de las emisiones sectoriales | 5 |
| 2.1. Fase I: De 1980 a 1990. Revolución tecnológica. | 7 |
| 2.2. Fase II: De 1990 a 2000. Consolidación de las nuevas tecnologías | 8 |
| 2.3. Fase III: De 2000 a 2010. Aumento de la capacidad productiva | 10 |
| 2.4. Fase IV: De 2010 a 2020. Innovación tecnológica continua..... | 10 |
| 2.4.1. Recuperación de calor residual..... | 12 |
| 2.4.2. Aumento de la temperatura del aire de combustión | 14 |
| 2.4.3. Desarrollo de nuevos quemadores en los hornos | 14 |
| 2.4.4. Innovaciones generales en las instalaciones de secado y cocción | 15 |
| 3. Implicaciones económicas..... | 16 |
| 4. Conclusiones..... | 16 |
| 5. Oportunidades futuras para la descarbonización del sector cerámico. | 18 |

1. Contexto normativo y regulatorio

La Unión Europea ha mostrado desde hace décadas su determinación en la lucha contra el cambio climático, de hecho, el 29 de abril de 1998 la Comunidad Europea fue de las primeras en firmar el Protocolo de Kioto, entrando en vigor en la Unión Europea en 2002¹ ², mediante la adopción de políticas encaminadas a mitigar los efectos del cambio climático basándose en objetivos obligatorios y cuantificados de limitación y reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Los seis GEI incluidos en el protocolo son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), siendo el dióxido de carbono³, sin duda el GEI más importante en términos de emisión absoluta antropogénica, de hecho, las emisiones de los otros GEI se expresan como emisiones de dióxido de carbono equivalente.

Es bien conocido que las emisiones de CO₂ antropogénicas proceden de forma mayoritaria de la combustión de combustibles fósiles, para obtener energía eléctrica, energía térmica o para el transporte. Por ello, para reducir sus emisiones, se han promulgado multitud de iniciativas relacionadas con la generación y uso de la energía, destacando, por ejemplo, las relacionadas con aumentar la eficiencia energética en los hogares y en la industria⁴, fomentar la implantación de fuentes de energía renovable⁵, facilitar la transición del sector transporte hacia un menor uso de combustibles fósiles⁶, aumentar la investigación ⁷ ⁸ ⁹ en nuevas tecnologías y combustibles para minimizar el consumo energético y el empleo de recursos, entre otras.

¹ Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Naciones Unidas, 1998.

² 2002/358/CE: Decisión del Consejo, de 25 de abril de 2002, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo

³ COM(2011) 112. Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al comité de las regiones. Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050. Bruselas, marzo 2011.

⁴ Directiva (UE) 2018/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.

⁵ Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

⁶ Directiva (UE) 2019/1161 del parlamento europeo y del consejo de 20 de junio de 2019 por la que se modifica la Directiva 2009/33/CE relativa a la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes.

⁷ Decisión 1982/2006/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativa al Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea para acciones de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (2007 a 2013).

⁸ COM/2011/0809 Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece Horizonte 2020, Programa Marco de Investigación e Innovación (2014-2020).

⁹ Reglamento (UE) 2021/695 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de abril de 2021 por el que se crea el Programa Marco de Investigación e Innovación «Horizonte Europa», se establecen sus normas de participación y difusión, y se derogan los Reglamentos (UE) n° 1290/2013 y (UE) n° 1291/2013.

Inicialmente, el objetivo establecido era alcanzar una reducción global de emisiones de GEI del 40 %, en el año 2030¹⁰, respecto a los niveles de 1990, pero en septiembre de 2020 se propuso aumentarlo hasta el 55% ¹¹, dentro del marco de actuación del Pacto Verde Europeo¹². Con la adopción por parte del Consejo Europeo de la Ley Europea del Clima.¹³, este nuevo objetivo de reducción de emisiones ha sido finalmente aceptado en 2021.

Entre las iniciativas puestas en marcha por la UE para reducir las emisiones de GEI destaca, por su importancia, el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE o EU ETS por sus siglas en inglés), una de las piedras angulares de la política de lucha contra el cambio climático de la UE. Este sistema funciona de acuerdo con el principio de “limitación y comercio”. Se pone un límite máximo a la cantidad total de GEI que pueden emitir las instalaciones contempladas en el régimen. El límite va bajando a lo largo del tiempo para hacer que disminuyan las emisiones totales.

Este sistema entró en funcionamiento en 2005, siendo hoy el primer y mayor mercado de carbono en el mundo.

El sector de baldosas cerámicas europeo está sujeto a las reglas del EU ETS , esto significa, que cada empresa debe cuantificar y reportar anualmente las emisiones de GEI generadas en sus instalaciones, y abonar por ellas, al precio establecido en el mercado de derechos de emisión, con el consiguiente incremento de costes en sus balances económicos, pues al coste de la energía, hay que sumar el coste de las emisiones de CO₂; además, hay que sumar la incertidumbre asociada al mercado de CO₂, debido a las grandes oscilaciones de precios. En el último año el precio de los derechos de emisión ha aumentado un 126 %, pasando de valores en torno a 23 €/t CO₂ en junio de 2020, a alcanzar valores superiores a los 60 €/t CO₂ en septiembre y octubre de 2021¹⁴, tal y como se aprecia en la Figura 1.

¹⁰ COM/2014/015 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones. Un marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020-2030

¹¹ COM/2020/562 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones. Intensificar la ambición climática de Europa para 2030: Invertir en un futuro climáticamente neutro en beneficio de nuestros ciudadanos.

¹² COM/2019/640 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo.

¹³ COM(2020) 563 final. Propuesta modificada de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley Europea del Clima»).

¹⁴ <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

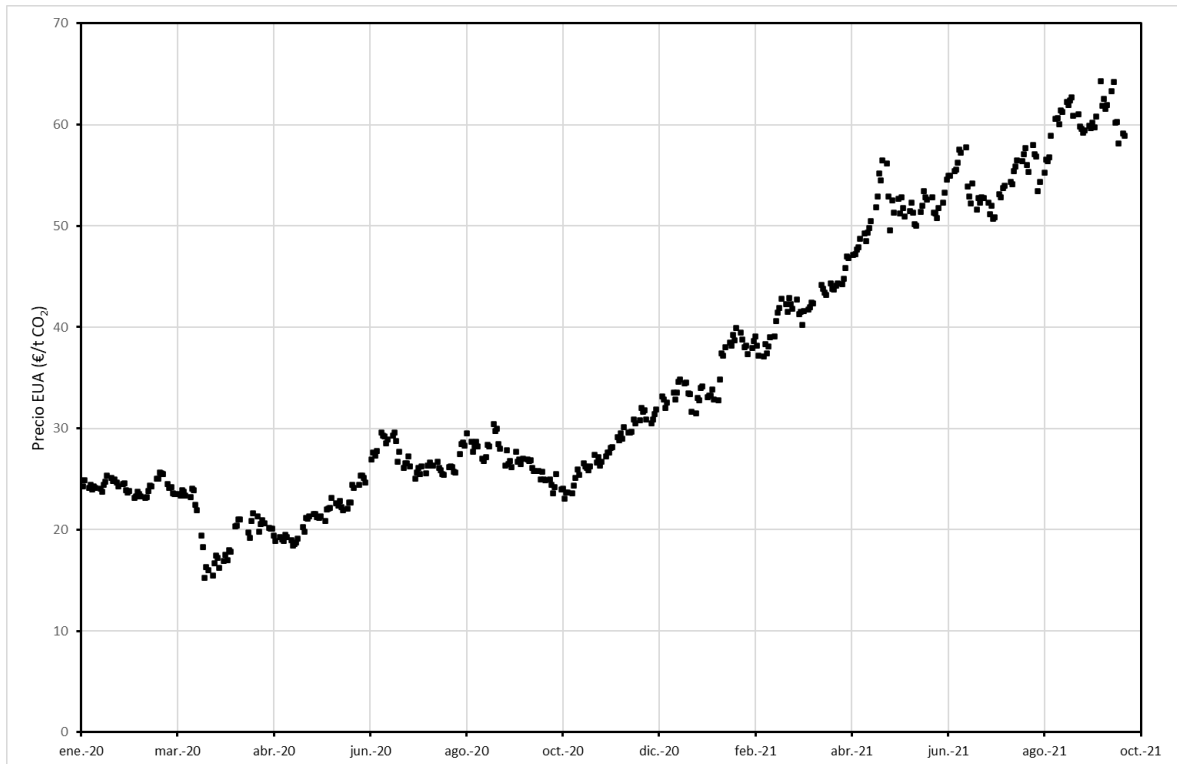


Figura 1. Evolución del precio de las emisiones de CO₂ (EUA) durante 2020 y 2021.

Para evitar la deslocalización de las empresas a países con menores presiones medioambientales, la Comisión Europea¹³ estableció la posibilidad de que aquellos sectores con mayor riesgo de trasladar su producción fuera de Europa (conocidos como “sectores en riesgo de fuga de carbono”) pudieran recibir asignación gratuita de derechos de emisión para parte de sus necesidades. El sector de baldosas cerámicas cumple con los criterios para ser considerado sector expuesto a riesgo significativo de fuga de carbono¹⁵, dada su importante cuota exportadora y por los elevados costes de CO₂ que debe soportar en sus cuentas.

Sin embargo, las emisiones asignadas de manera gratuita al sector de baldosas cerámicas no alcanzan para cubrir las emisiones realmente emitidas, y por tanto el coste de las emisiones no cubiertas por este mecanismo pasa a ser un coste directo adicional para las empresas del sector.

Concretamente, el déficit de emisiones en 2020 se situó en unas 450 000 t CO₂, suponiendo para el sector cerámico español un coste adicional estimado en 11,3 millones de €. Aunque la evolución depende de múltiples factores, las previsiones para los próximos años son de un aumento importante de los costes asociados a las emisiones de GEI¹⁶.

¹⁵ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage_en#tab-0-1

¹⁶ P. Ruf; M. Mazzone. El mercado europeo del CO₂: el impacto de los altos precios del CO₂ en las utilities y las industrias.. ICIS, 2019.

2. Evolución de las emisiones sectoriales

La evolución de las emisiones sectoriales se puede abordar a nivel de emisiones globales (tCO₂/año) o de emisiones específicas (tCO₂/m²); asimismo, si se considera una perspectiva de análisis de ciclo de vida, se deberían considerar también las emisiones de GEI asociadas a la extracción y suministro de materias primas, distribución de producto, embalajes, etc.

El alcance de este informe se limitará a las emisiones directas, dado que la información disponible no es suficiente para considerar las emisiones de otras etapas del ciclo de vida de carácter histórico. Además de que las empresas de fabricación de baldosas solo tienen capacidad de influir sobre las emisiones que directamente se generan en su proceso productivo.

Las emisiones directas de CO₂ en el sector cerámico provienen de la combustión del gas natural, empleado en los procesos de atomización, secado y cocción, y de la descomposición de los carbonatos presentes en algunas composiciones cerámicas durante la etapa de cocción. Aproximadamente, un 90 % de las emisiones se originan por la combustión del gas natural, y el 10 % restante proviene de la descomposición térmica de los carbonatos presentes en la composición de los soportes cerámicos¹⁷.

Este informe de carácter técnico se centra en el análisis de la evolución de las emisiones específicas directas (kgCO₂/m²), puesto que son el mejor indicador del impacto que las sucesivas mejoras tecnológicas han tenido sobre las emisiones de GEI sectoriales. También se recoge información sobre las emisiones globales anuales y su evolución histórica, la cual va asociada directamente al nivel de producción sectorial.

La evolución de las emisiones totales del sector cerámico se muestra en la Figura 2, junto a la producción del sector. En general, se observa que, efectivamente, salvo el periodo final de la década de los 80, las emisiones absolutas de CO₂ del sector español de baldosas cerámicas muestran una dependencia casi lineal con la producción total fabricada.

¹⁷ Monfort, E.; Mezquita, A.; Granel, R.; Vaquer, E.; Escrig, A.; Miralles, A.; Zaera, Análisis de consumos energéticos y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de baldosas cerámicas. V. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. 49 (4) (2010) 303-310.

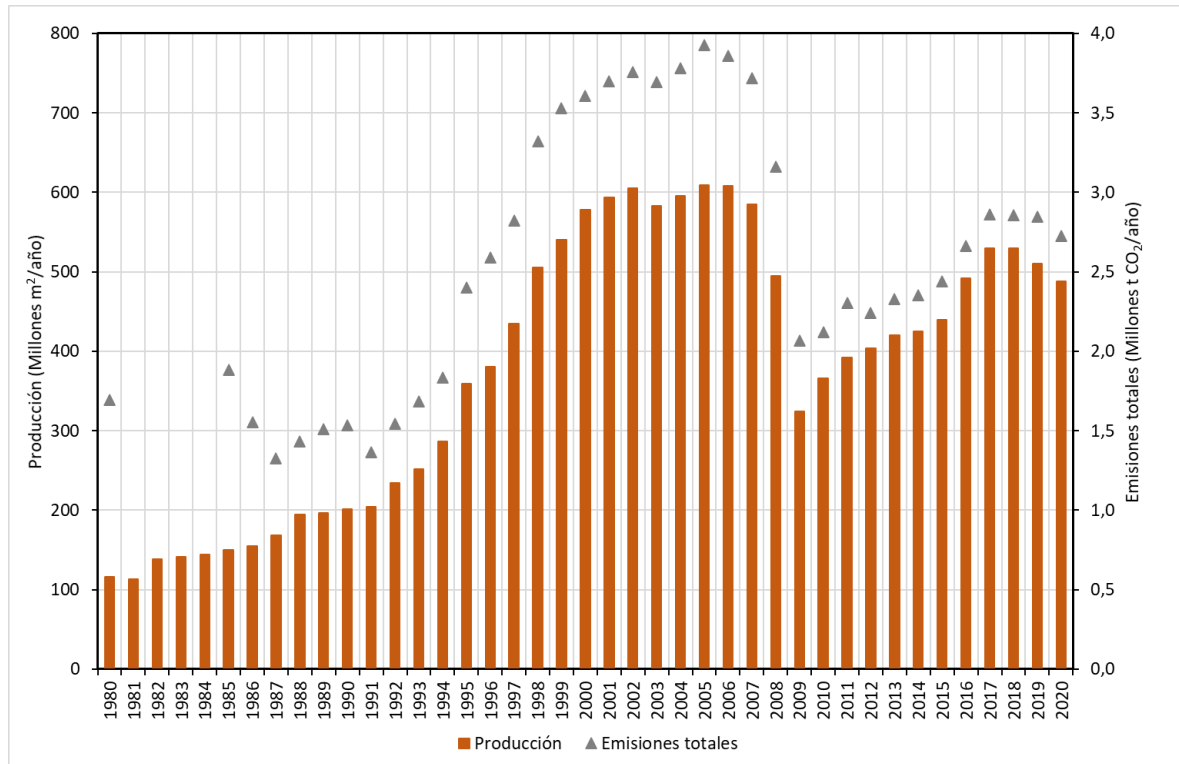


Figura 2. Evolución de las emisiones absolutas de CO₂ y de la producción del sector cerámico español de baldosas.

A finales de los años 80 se produjo un cambio en el combustible utilizado para los procesos de secado y cocción, de fuelóleo o gasóleo a gas natural, lo que propició a su vez, cambios tecnológicos en el proceso que conllevaron un aumento significativo de la eficiencia energética global del proceso productivo. Por esta razón, durante este periodo, el aumento en la producción no lleva asociado un aumento de las emisiones totales.

A partir de la implantación generalizada de las nuevas tecnologías, se aprecia que cuanto mayor es la cantidad de baldosas fabricadas, mayor es el consumo energético, ya que no se producen modificaciones radicales en la tecnología de fabricación desde el punto de vista energético.

Pero el impacto sobre la eficiencia energética global del proceso generado por los cambios realizados en las tecnologías productivas y por las acciones de ahorro implementadas en el proceso, se aprecia de manera más clara al analizar las emisiones específicas de CO₂.

La evolución de las emisiones específicas de CO₂, a lo largo de los últimos 40 años se muestra en la Figura 3. Los datos indican una importante reducción de las emisiones específicas desde principios de los años 80 hasta el año 1990. A partir de entonces, las emisiones siguen decreciendo de manera continuada, pero a un menor ritmo. Esta evolución viene determinada por los cambios tecnológicos adoptados en el proceso productivo, así como por las diferentes acciones de ahorro energético que se han ido implementando.

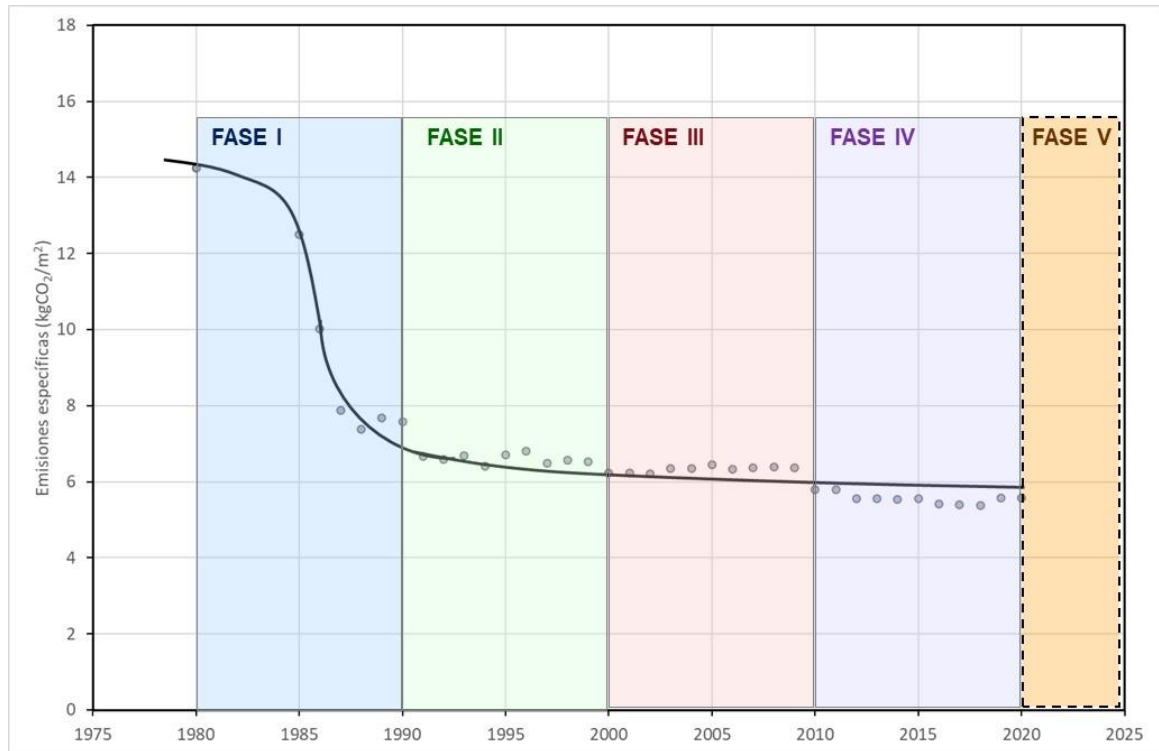


Figura 3. Evolución de las emisiones específicas de CO₂ en el sector cerámico español de baldosas.

A continuación, se explica con mayor detalle cuáles son los principales cambios tecnológicos y acciones de ahorro implantadas, en cada una de las décadas consideradas, y su impacto en las emisiones por unidad de producto fabricada.

2.1. Fase I: De 1980 a 1990. Revolución tecnológica.

La fabricación de baldosas cerámicas en España, como actividad económica industrial, data de principios del siglo XX. Los primeros hornos utilizados fueron hornos de cámaras discontinuos, cuyo combustible era leña (biomasa) procedente de zonas cercanas a las fábricas. Los ciclos de cocción tenían una duración de varios días, y apenas había posibilidad de controlar las condiciones de cocción, por lo que la calidad del producto final era bastante baja¹⁸.

A mediados del siglo XX, las industrias empezaron a disponer de electricidad, lo que permitió implementar sistemas de movimentación del material dentro de los hornos y se empezaron a desarrollar hornos continuos (tipo túnel o de canales), además se introdujeron combustibles líquidos derivados del petróleo, fundamentalmente fuelóleo, en sustitución de la biomasa. Los productos fabricados, mayoritariamente, eran piezas de azulejo poroso, que se obtenían por bicocción: en la primera cocción se cocía el soporte, y en la segunda el esmalte. Se procesaba en hornos muflados, sin contacto directo entre los gases y el producto, para evitar defectos en las piezas ocasionados por las partículas de combustible inquemado que se generaban durante la combustión.

La llegada del gas natural por gaseoducto a la zona industrial cerámica en la década de 1980, propició un cambio radical en la tecnología de fabricación de las baldosas cerámicas, especialmente en lo que se refiere a la etapa de cocción: se desarrollaron los hornos de rodillos monoestrato, con contacto directo entre los gases y las piezas y sin necesidad de apilar el material, reduciéndose así

¹⁸ Joan Feliu Franch. La cerámica arquitectónica de Onda en el siglo XIX. Tesis doctoral. UJI, 1998.

de manera muy importante los ciclos de cocción (se pasó de ciclos de cocción de 30-70 horas a 40-60 minutos), aumentando en consecuencia la productividad de las instalaciones.

Los nuevos hornos de gas natural facilitaron el control de las variables de proceso, ya que contaban con sistemas automáticos de regulación, lo que permitió el desarrollo generalizado del proceso de fabricación por monococción, inicialmente introducido para la fabricación de productos gresificados (utilizados mayoritariamente como pavimentos) que se desarrollaron notablemente con esta tecnología, y posteriormente para la de producto poroso, y por tanto se empezó a eliminar una de las cocciones del producto, con el consiguiente ahorro de combustible por unidad de producto fabricada.

El sector cerámico adoptó con rapidez estos cambios tecnológicos, hasta el punto de que, tan sólo una década después de la llegada del gas natural a la zona industrial, prácticamente todos los hornos empleaban ya el gas natural como combustible, y más del 60 % de la producción ya se estaba fabricando con una única cocción.

Esta reconversión tecnológica no sólo afectó a los hornos, sino que hubo innovaciones en prácticamente todas las etapas del proceso, permitiendo un mayor control de todo el proceso de fabricación, que tuvo como principales consecuencias la obtención de un producto final de mayor calidad y una reducción importante del consumo energético del proceso, y por tanto de las emisiones directas de CO₂.

La Figura 3 refleja cómo durante el periodo de adopción de las innovaciones tecnológicas descritas, hasta 1990, a pesar de que la producción sectorial iba en aumento año tras año (ver Figura 2), las emisiones por unidad de producto fabricado iban en descenso, debido a la mayor eficiencia energética alcanzada con las nuevas tecnologías de cocción.

La disminución de las emisiones específicas de CO₂ desde 1980 hasta el año 1990 fue del 46 %, pasando de 14,2 kg CO₂/m² a 7,6 kg CO₂/m².

Es importante resaltar que el año 1990 es el año que se toma como referencia para el cálculo de los objetivos de reducción de emisiones. En el caso del sector de baldosas cerámicas, como se ha indicado anteriormente, en 1990 ya se habían reducido las emisiones directas de CO₂ del proceso casi un 50% respecto a los valores de principios de los años 80.

2.2. Fase II: De 1990 a 2000. Consolidación de las nuevas tecnologías

Durante la década de los 90, a medida que se desarrollaba la red de gas natural, el sector terminó su conversión a las nuevas tecnologías, y a partir de ese momento, los esfuerzos para reducir el consumo de energía en el proceso de fabricación se centraron en mejorar la nueva tecnología de cocción recién implementada. En las empresas se trabajó para aumentar el conocimiento de la influencia de las variables de proceso en el consumo de energía^{19,20} en mejorar los ritmos productivos y la gestión de la producción, así como en el control del proceso de cocción, minimizando los defectos en el producto final, tanto en piezas de revestimiento como de pavimento²¹.

¹⁹ Escardino, A.; Jarque, J.C.; Moreno, A.; De la Torre, J. Secado de materiales cerámicos (I). Consideraciones generales. Isotermas de equilibrio. *Técnica Cerámica*, 185, 452-462, 1990.

²⁰ Mallol, G.; Monfort, E.; Jarque, J.C. Optimización de las condiciones de operación de un horno monoestrato. *Cerámica Información*, 202, 6-13, 1994.

²¹ Moreno, A.; Mallol, G.; Llorens, D.; Enrique, J.E.; Ferrer, C.; Portolés, J. Estudio de los gradientes transversales de temperatura en un horno monoestrato en diferentes condiciones de operación. *Cerámica Información*, 229, 29-36, 1997.

Todos estos esfuerzos dieron lugar a una reducción paulatina de las emisiones específicas de CO₂, desde los 7,6 kg CO₂/m² a principios de los años 90, hasta 6,2 kg CO₂/m², en el año 2000.

La conversión tecnológica del sector hacia procesos de monococción requirió modificar radicalmente el proceso de preparación de materias primas del soporte. En efecto, la molienda vía seca de las materias primas utilizadas para conformar los soportes cerámicos, que había sido hasta la fecha el método de preparación más utilizado, cedió paso a la molienda vía húmeda, seguida del secado por atomización de la suspensión, para la obtención de granulados de partículas con la distribución de tamaños, forma y fluidez adecuados para la obtención de soportes con mejoradas prestaciones²². La incorporación de la etapa de secado por atomización con un consumo energético relativamente elevado debería haber aumentado las emisiones específicas, pero gracias a las ventajas que aportaba en la etapa de cocción y a la implantación generalizada de los hornos de rodillos, se consiguió mantener e incluso seguir reduciendo las emisiones específicas globales de CO₂ en el proceso.

Los sistemas de cogeneración producen simultáneamente energía mecánica, que se utiliza para generar electricidad, y energía térmica, contenida en los gases de escape, a partir de una única fuente de energía primaria. Los sistemas de cogeneración implementados en el sector son turbinas de gas natural, cuyos gases de escape se emplean como gases de secado en los atomizadores, pues son gases limpios, con un contenido elevado en oxígeno, y con una temperatura cercana a la requerida por el proceso, en el intervalo entre 450°C y 600°C. Además, la electricidad producida permite las empresas generar parte de la electricidad necesaria en el proceso productivo, asegurándose el suministro y evitando cortes eléctricos procedentes de la red eléctrica. Los excedentes de la electricidad cogenerada se vierten a la red eléctrica general, generando un beneficio económico para la instalación, así como beneficios al sistema eléctrico nacional derivados de la generación distribuida (reducción de pérdidas en la red, ahorro de energía primaria, reducción de emisiones de CO₂, etc.).

Las primeras instalaciones de cogeneración datan de finales de los 80, pero es en la década de los 90 cuando un mayor número de sistemas de cogeneración se instalan en el sector. En el año 2020, se estima que la potencia total instalada era de unos 232 MW.

La cogeneración implementada en el sector cerámico se considera de alta eficiencia por el elevado grado de aprovechamiento de los gases de escape en el proceso productivo que les permite cumplir con el nivel mínimo de ahorro de energía primaria del 10% establecido por la normativa europea. Por esta razón, generar de manera separada el calor para el atomizador, y la electricidad, consume más energía primaria, y produce más emisiones, que generarlo de manera simultánea con un sistema de cogeneración, por la menor eficiencia de las centrales térmicas de producción de electricidad, respecto a la eficiencia de los sistemas de cogeneración.

A nivel global, de país, el empleo de sistemas de cogeneración en la industria permite reducir las emisiones de CO₂ asociadas al suministro energético, mientras que, en la ubicación de las instalaciones de cogeneración, las emisiones aumentan. Por esta razón, en el cómputo de las emisiones asociadas a la fabricación de baldosas cerámicas, se consideran tanto las emisiones producidas en el proceso como las emisiones asociadas a la producción de electricidad en los sistemas de cogeneración.

Sin embargo, tal y como se ha comentado anteriormente, la implantación de los sistemas de cogeneración, tal y como se observa en la Figura 3, no supuso un freno en el continuo descenso de las emisiones específicas.

²² Negre, F.; Jarque, J.C.; Felú, C.; Enrique, J.E. Estudio de la operación de secado por atomización de polvos cerámicos a escala industrial, su control y automatización. *Cerámica Información*, 216, 12-17, 1996.

2.3. Fase III: De 2000 a 2010. Aumento de la capacidad productiva

Este periodo puede ser considerado principalmente como un periodo de expansión para el sector. Con las nuevas tecnologías ya implementadas de manera generalizada, y el mayor conocimiento de las variables de proceso, se produjo un aumento notable en la capacidad productiva del sector. Este es el periodo histórico dónde se alcanzó una mayor producción, superando los 600 millones de m² anuales, durante varios años.

En 2003 entró en vigor la primera directiva de comercio de emisiones²³, afectando al sector cerámico, aunque no de manera completa. Las emisiones que se controlaban en los dos primeros planes de asignación (PNA 2005-2007 y PNA 2008-2012) representaban en torno al 40% de las emisiones sectoriales, por lo que el impacto en el sector durante estos primeros años de funcionamiento del comercio de emisiones fue parcial. Este periodo ayudó a las empresas a familiarizarse con las reglas del EU ETS.²⁴

No obstante, los esfuerzos del sector por seguir reduciendo el consumo de gas natural continuaron, mediante la implementación de acciones de ahorro centradas en la optimización de las variables de proceso más relacionadas con el consumo energético, y la mejora de la gestión de la producción. Entre las acciones de ahorro que se fueron generalizando cabe citar el aumento la densidad de las suspensiones cerámicas, la optimización del contenido en oxígeno en la cámara de combustión para evitar defectos en el producto final (corazón negro, tonos, etc.), la recuperación de gases de la chimenea de enfriamiento en el secadero situado en la entrada del horno, entre otras²⁵.

Así, este periodo temporal se caracteriza por un mayor control y regulación de los procesos, y por el aumento paulatino en la producción de gres porcelánico, producto con menores emisiones de proceso, pero que requiere ciclos más largos de cocción. Las emisiones específicas de CO₂ continuaron reduciéndose, pero a un ritmo más lento, dada la madurez ya alcanzada por la tecnología y el elevado conocimiento del proceso alcanzado por los técnicos cualificados del sector.

2.4. Fase IV: De 2010 a 2020. Innovación tecnológica continua.

Como se ha indicado anteriormente, las emisiones de CO₂ en el sector cerámico provienen de la combustión del gas natural, empleado en los procesos de secado y cocción, y de la descomposición de los carbonatos presentes en algunas composiciones cerámicas durante la etapa de cocción. Aproximadamente, un 90 % de las emisiones se originan por la combustión del gas natural, y el 10 % restante proviene de la descomposición térmica de los carbonatos presentes en la composición de los soportes cerámicos²⁶.

Por tanto, desde la implantación generalizada de los hornos monoestrato, y de los ciclos de monococción, los esfuerzos para reducir las emisiones se han centrado principalmente en reducir el

²³ Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

²⁴ Aplicación de la ley 1/2005 análisis global y sectorial año 2012. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. OECC. 2013.

²⁵ Monfort, E.; Mezquita, A.; Mallol, G.; Granel, R.; Vaquer, E. Guía de ahorro energético en el sector de baldosas cerámicas de la Comunidad Valenciana. Ed.: Valencia. Agencia Valenciana de la Energía-AVEN. Depósito Legal: V-2078-2011.

²⁶ Monfort, E.; Mezquita, A.; Granel, R.; Vaquer, E.; Escrig, A.; Miralles, A.; Zaera, Análisis de consumos energéticos y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de baldosas cerámicas. V. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. 49 (4) (2010) 303-310.

consumo de gas natural en el proceso de fabricación, tanto en los procesos de secado como en la etapa de cocción.²⁷

El mayor conocimiento de la tecnología²⁸, y ante el aumento del peso específico de los costes energéticos sobre los costes de producción, los fabricantes de baldosas cerámicas continuaron realizando esfuerzos para implementar acciones de ahorro energético, hasta alcanzar las emisiones específicas actuales (2020), que se sitúan en valores de 5,6 kg CO₂/m², lo que supone una reducción del 60% respecto a las emisiones específicas del año 1980 y una reducción del 26 % respecto a los valores de 1990.

En la Figura 4. se resumen las principales acciones implementadas de manera general en las empresas del sector cerámico español durante el periodo temporal considerado, y su impacto en las emisiones específicas de CO₂.

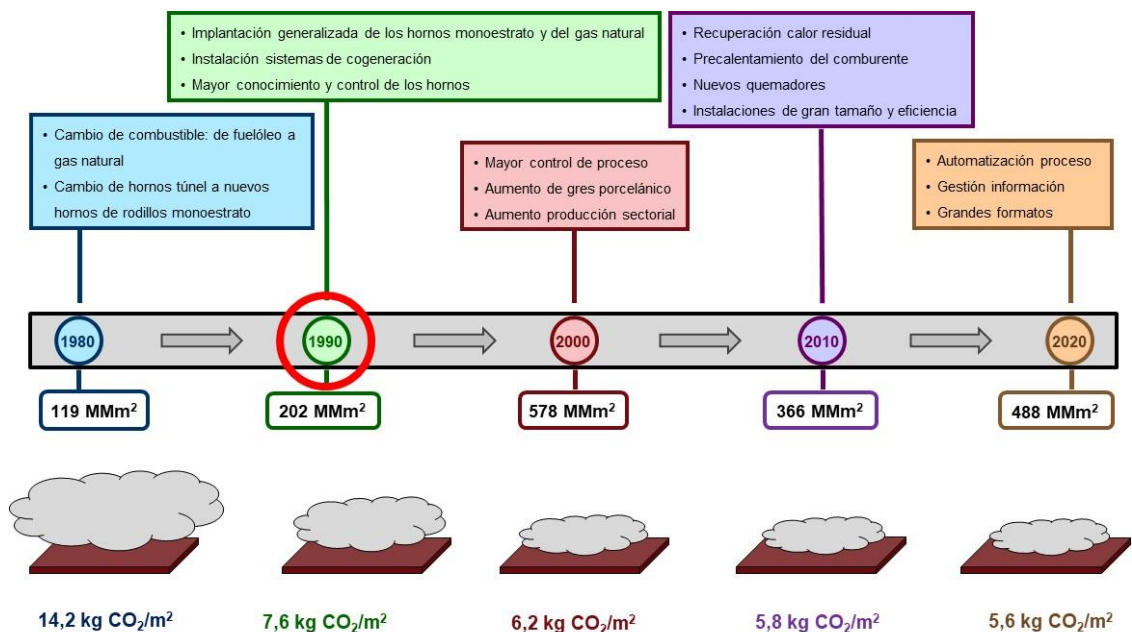


Figura 4. Diagrama temporal del impacto de las principales acciones sobre las emisiones específicas de CO₂.

Entre las principales medidas de ahorro energético y reducción de emisiones de CO₂ llevadas a cabo de manera generalizada en el sector cerámico de baldosas cerámicas en la última década, cabe destacar la recuperación de calor residual de las chimeneas de los hornos para ser aprovechado en los secaderos de producto recién conformado, el incremento de la temperatura del aire de combustión, la sustitución de quemadores convencionales por quemadores de alta eficiencia, así como todas las mejoras implementadas por los fabricantes de maquinaria cerámica en sus hornos y secaderos, para reducir su consumo de gas.

²⁷ Monfort, E.; Mezquita, A.; Vaquer, E.; Mallol, G. Gabaldón, D. La evolución energética del sector español de baldosas cerámicas. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 53 (3) (2014), págs. 111-120.

²⁸ Mezquita, A; Monfort, E.; Boix, J.; Mallol, G Energy saving in ceramic tile kilns: Cooling gas heat recovery.. Applied Thermal Engineering, Vol. 65 (1-2) (2014), pages 102–110.

2.4.1. Recuperación de calor residual

Diversos estudios^{29 30} indican que por las chimeneas de los hornos de cocción de baldosas se pierde aproximadamente un 50 % del calor aportado. Dos son las opciones de aprovechamiento de calor residual que se han implantado de manera generalizada en el sector: recuperación del calor con aire, y recuperación con un fluido intermedio, que es aceite térmico.

En el primero de los casos, se aprovechan directamente los gases de la chimenea de enfriamiento en los secaderos de soportes, o en atomizadores. En algunas instalaciones, también se aprovecha, el calor residual de la chimenea de humos. Los gases de la chimenea de humos contienen contaminantes que no permiten su empleo directo en secaderos, por lo que su aprovechamiento se realiza siempre de manera indirecta, mediante un intercambiador de calor gases/aire, donde se calienta aire ambiente para ser utilizado, junto a los gases de la chimenea de enfriamiento, en los secaderos de soportes cerámicos, o en los atomizadores.

En la Figura 5 se muestra un intercambiador de calor gases de combustión/aire, instalado en la chimenea de humos de un horno de cocción de baldosas. esquema de una instalación con recuperación de calor residual con aire.



Figura 5. Intercambiador de calor humos/aire, instalado en un horno (Por cortesía de Poppi Clementino, s.p.a.).

Se estima, a partir de información proporcionada por las empresas instaladoras de estos sistemas de recuperación de calor, que en un 30% (unas 50 instalaciones) de los hornos del sector cerámico han implementado sistemas de recuperación de calor residual con aire, aprovechándose el calor recuperado tanto en secaderos de soportes como en atomizadores, en los que, o bien no hay sistema de cogeneración, o bien la instalación de cogeneración no cubre todo el consumo térmico del atomizador. El ahorro derivado de estas instalaciones de aprovechamiento de calor residual se

²⁹ Mezquita, A; Monfort, E.; Boix, J.; Mallol, G. Análisis energético y exergético del proceso de cocción de composiciones cerámicas. S. Ferrer. Tesis Doctoral, UJI 2015.

³⁰ Mezquita, A; Monfort, E.; Boix, J.; Mallol, G Energy saving in ceramic tile kilns: Cooling gas heat recovery.. Applied Thermal Engineering, Vol. 65 (1-2) (2014), pages 102–110.

sitúa en el intervalo entre 201 - 223 GWh/año de energía, lo que supone una reducción media de emisiones del orden de 42.820 ton CO₂/año

En el segundo de los casos mostrados, el aprovechamiento del calor residual tanto de la chimenea de humos como de la de enfriamiento, se realiza de manera indirecta, calentándose un aceite térmico en unos intercambiadores de calor gases/aceite situados en las chimeneas. Este aceite se bombea hasta los secaderos de soportes, donde ceden su calor sensible a los gases de secado, en los intercambiadores de calor instalados en los secaderos. Los gases de secado se calientan, reduciéndose así el consumo de gas natural en los quemadores de los secaderos. El aceite retorna hasta las chimeneas de los hornos, circulando en un circuito cerrado donde permanentemente se calienta y se enfría, permitiendo de este modo un aprovechamiento continuo del calor residual³¹.

En la Figura 6 se muestra un esquema de una instalación con recuperación de calor residual con aceite térmico.

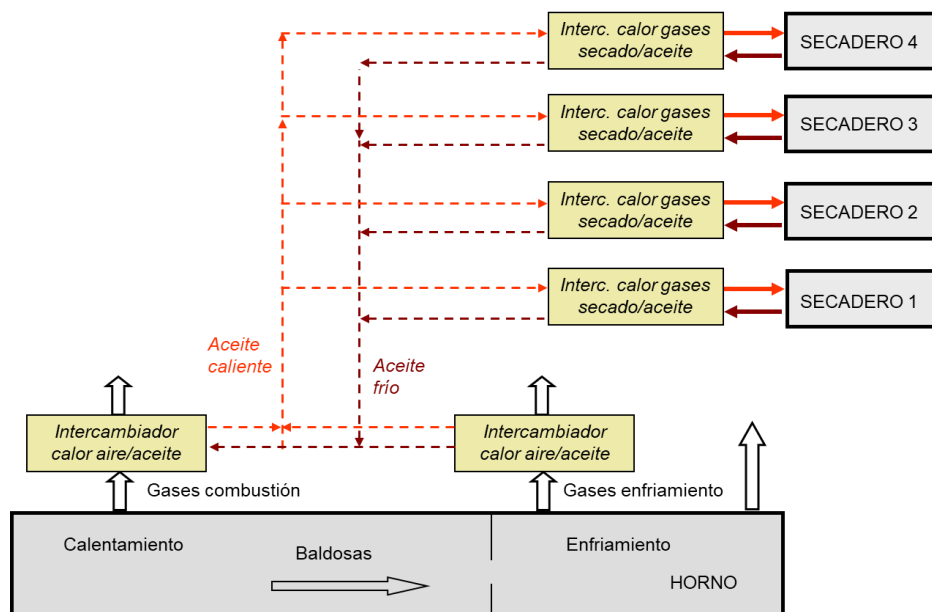


Figura 6. Esquema de una instalación de recuperación de calor con aceite térmico.

En el sector de fabricación de baldosas cerámicas se estima, a partir de datos aportados por los suministradores, que hay unos 20 hornos que tienen implantada esta tecnología de recuperación de calor implementada, lo que deriva en unos ahorros de gas natural estimados entre 105 - 116 GWh/año, y una reducción media de 22.220 ton CO₂/año.

De acuerdo con los datos disponibles, en términos globales se puede indicar que sobre un 40% de los hornos del sector en el año 2021 tienen implantados sistemas de recuperación de calor residual a secaderos, siendo el ahorro de gas natural alcanzado se sitúa entre 306 - 339 GWh/año, lo que equivale a una reducción media de las emisiones específicas de 0,14 kg CO₂/m².

³¹ Mezquita, A.; Monfort, E.; Vaquer, E.; Ferrer, S.; A.; Arnal, M.A.; Toledo, J.; Cuesta, M.A. Optimización energética en la fabricación de baldosas cerámicas mediante el uso de aceite térmico. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 51 (4) (2012), págs. 183-190.

2.4.2. Aumento de la temperatura del aire de combustión

Una de las medidas de ahorro energético más generalizada en el sector ha sido el precalentamiento del aire de combustión. Al principio, los hornos monoestrato funcionaban con aire a temperatura ambiente para la combustión del gas natural, pero el mayor conocimiento y control de la combustión por parte de los técnicos cerámicos, junto al interés por aprovechar al máximo el calor residual de la chimenea de enfriamiento, derivó en el empleo de aire caliente en los quemadores, con el consiguiente ahorro de gas natural.

En los primeros hornos de gas instalados, esta mejora en la eficiencia energética de los hornos se implementó posteriormente a su puesta en funcionamiento, pero con el paso del tiempo, se convirtió en una de las características que implementaron los fabricantes de hornos, a petición de sus clientes y, posteriormente por defecto en prácticamente todos los hornos. El ahorro medio de gas natural en un horno, por precalentar el aire de combustión hasta temperaturas del orden de 200°C, se sitúa en el intervalo entre 4,5 y 5,5 %, de modo que extrapolando a todo el sector, se estima que el ahorro medio total de gas natural alcanza los 340 MWh/año, lo que equivale a una reducción de las emisiones específicas de 0,14 kg CO₂/m².

2.4.3. Desarrollo de nuevos quemadores en los hornos

El mayor control de la combustión de aire con gas natural, así como el conocimiento de la influencia de los parámetros de la combustión en la atmósfera del horno y en el producto final, ha propiciado el desarrollo de nuevos quemadores que permiten trabajar a mayores temperaturas y menores excesos de aire comburente debido a su mayor eficiencia de mezcla entre el gas natural y el aire. Asimismo, las últimas generaciones de quemadores permiten una mejor distribución del calor dentro de la cámara de cocción, por ello mejoran la uniformidad de temperatura dentro de una misma zona del horno, ya que tradicionalmente los quemadores han tenido dificultades en mantener uniforme la temperatura en la zona central del horno y en las zonas cercanas a las paredes, problema que se ve agravado con el aumento de la anchura de los hornos diseñados para producir productos de gran formato de gres porcelánico (material más sensible a los gradientes de temperatura).³²

Según la información proporcionada por los fabricantes de hornos, el ahorro medio estimado en un horno al instalar nuevos quemadores de mayor eficiencia se sitúa entre un 8 y un 12 %, dependiendo del tipo de quemadores que se sustituyen y de las características de los quemadores nuevos que se instalen. Según estas mismas fuentes, en el año 2021, se estima que un 80 % de los hornos del sector han sustituido los quemadores más antiguos por quemadores nuevos más eficientes. Con estas premisas, se estima que el cambio de quemadores ha conducido a un ahorro global de gas natural en torno a 543 GWh/año, lo que equivale a una reducción de las emisiones específicas de 0,23 kg CO₂/m².

³²

<https://www.ceramicworldweb.it/cww-en/news/tiles/ancorarsquos-new-vulcan-b5-to-be-showcased-at-revestir-2013/>



Figura 7. Imagen de un quemador de elevada eficiencia. Por cortesía de SITI B&T Group.

2.4.4. Innovaciones generales en las instalaciones de secado y cocción

Los fabricantes de maquinaria cerámica no han cesado de mejorar sus productos con el objetivo de reducir su consumo energético y aumentar el control de las operaciones.

En los secaderos de piezas conformadas^{33 34}, se han implantado variadores de frecuencia en los ventiladores para controlar los caudales de gases y reducir las pérdidas de calor por la chimenea, se han instalado medidores de humedad para controlar mejor el proceso de secado, y ha aumentado el control sobre la operación de secado mediante la instalación de más sensores de temperatura y mejoras en la gestión de los secaderos.

En el caso de los hornos^{35 36}, además del desarrollo de quemadores más eficientes, se han instalado variadores de frecuencia en los principales ventiladores de impulsión y extracción de gases para aumentar el control sobre el proceso y reducir así la salida de gases calientes por las chimeneas, se ha mejorado el aislamiento de las paredes y la bóveda de los hornos para reducir las pérdidas de calor a través de la estructura del horno, y se ha hecho un esfuerzo importante en mejorar la gestión de huecos de producción. Además, los nuevos hornos que se están instalando en el sector son de mayor tamaño, lo que favorece un mayor aprovechamiento del combustible, que redundará en una mayor eficiencia energética global, y en un menor consumo de gas natural por unidad de producto fabricado.

Todas estas medidas implementadas en los secaderos y hornos, ha propiciado que el consumo de energía térmica en el sector, y por tanto las emisiones de CO₂, hayan ido disminuyendo a medida que se producía la renovación de los hornos y secaderos más antiguos y la instalación de nuevos equipos por ampliaciones de producción, ocasionando una disminución adicional global en las emisiones específicas de CO₂ de 0,26 kgCO₂/m², hasta alcanzar el valor actual de 5,6 kgCO₂/m².

³³ GRUPO SACMI: <https://sacmi.com/es-ES/ceramics/Azulejos/Secado-industrial-para-ceramica>

³⁴ SITI B&T. <https://sitibt.com/secaderos-esp>

³⁵ SITI B&T: <https://sitibt.com/hornos-esp>

³⁶ Grupo SACMI: <https://sacmi.com/es-ES/ceramics/Azulejos/Hornos-industriales-para-ceramica-y-accesorios>

3. Implicaciones económicas

La evolución tecnológica que ha experimentado el sector cerámico de baldosas español ha ido acompañada de un gran esfuerzo inversor.

El cambio de hornos túnel de fuelóleo a hornos monoestrato de gas natural supuso una revolución técnica, pero también un desembolso económico importantísimo. El proceso no se desarrolló de manera paulatina, sustituyendo hornos túnel a medida que quedaban obsoletos o había que renovarlos, sino que se llevó a cabo en un corto intervalo temporal, de unos 6-8 años, por tanto, en algunas empresas, el horno de fuelóleo que se desechara todavía no estaba amortizado cuando fue sustituido por el de gas natural, con el consiguiente impacto económico en la compañía.

La inversión en un horno nuevo de gas, a finales de la década de los 80 y principio de los 90, se estima en unos 480.000 €, teniendo en cuenta que la longitud de los hornos era menor que la actual, y el grado de control y automatización de los parámetros de trabajo era bajo. Sin embargo, esta elevada inversión tenía un gran impacto en el consumo energético del horno y en consecuencia en las emisiones de CO₂, tal y como se ha visto anteriormente. Se estima que el impacto de la inversión en la reducción de emisiones era inferior a 3 €/t CO₂, considerando un tiempo de vida del horno de 25 años.

A medida que se avanzó en el conocimiento de la nueva tecnología de cocción, fueron desarrollándose hornos más eficientes, e implementándose acciones de ahorro. Estas acciones de ahorro, también suponen una inversión, pero sin embargo, su impacto en la reducción de emisiones es menor.

Se estima que, actualmente, el impacto sobre las emisiones de la sustitución de un horno que finaliza su vida útil por uno nuevo se sitúa en torno a 16 - 18 €/t CO₂, considerando un tiempo de vida del horno de 25 años.

Por otro lado, el impacto de las inversiones en la instalación de recuperaciones de calor, o sustitución de quemadores por otros más eficientes, sobre la reducción de emisiones se encuentra en el intervalo 10 - 15 €/t CO₂.

Por tanto, en la actualidad, el esfuerzo económico necesario para reducir las emisiones de CO₂ es del orden de 5 veces más, que en el periodo de cambio tecnológico experimentado a finales de los años 80.

4. Conclusiones

Las principales conclusiones derivadas del análisis de las emisiones de CO₂ a lo largo de las últimas cuatro décadas, junto al estudio de los cambios tecnológicos y acciones de ahorro energético implementadas en el sector cerámico español de baldosas cerámicas, se muestran a continuación:

- Los cambios tecnológicos implantados en la década 1980-1990 conllevaron un significativo aumento de la eficiencia energética y una reducción de las emisiones específicas de CO₂ del 46 %. Esta reducción tan importante en las emisiones de CO₂ por unidad de producto, se produjo con anterioridad al año considerado de referencia para el sistema de comercio de emisiones (1990).
- A partir de 1990, una vez implantado de manera generalizada el empleo de gas natural como combustible, y los hornos monoestrato de rodillos, se continuaron realizando acciones de ahorro e inversiones para seguir disminuyendo al máximo las emisiones de CO₂, alcanzándose una reducción respecto a 1980 del 60 %, y respecto a 1990 del 26 %.
- Ante la ausencia de cambios radicales, desde el punto de vista energético, de las tecnologías de fabricación las emisiones absolutas a partir de 1990 han seguido la misma tendencia que la producción, pero el aumento de la eficiencia ha conducido a una reducción continuada durante 4 décadas de las emisiones por unidad de producto.

- La optimización tecnológica y productiva ha alcanzado un punto de madurez y excelencia que implica que el sector esté en los valores mínimos alcanzables de emisiones de CO₂, con las tecnologías utilizadas.
- Mayores reducciones de emisiones de CO₂ sólo serán posibles con relevantes cambios tecnológicos, aún en fase de investigación.
- Con las tecnologías y combustibles utilizadas actualmente en el proceso de fabricación de productos cerámicos, el margen de reducción de las emisiones directas del proceso es limitado, pues se trata de tecnologías que han sido ampliamente mejoradas, y que se consideran las Mejores Tecnologías Disponibles³⁷, por lo que de alguna manera se ha llegado a un punto asintótico, donde si no existen cambios radicales en el proceso, producto o fuentes de energía, las mejoras van a ser marginales.

A continuación, y a modo de resumen, se muestra la contribución de las diferentes acciones de ahorro implementadas en la reducción de las emisiones específicas de CO₂, en los diferentes periodos de tiempo analizados.

³⁷ Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. European Commission. 2007.

Tabla 1. Resumen de la evolución de las emisiones específicas de CO₂ (EE) y las acciones implementadas.

| Periodo | Emisiones específicas (kg CO ₂ /m ²) | Principales acciones implantadas | Reducción de las emisiones específicas (%) | |
|---------|---|---|--|------|
| | | | 1980 | 1990 |
| 1980-90 | 14,2 | <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de combustible a gas natural • Introducción de hornos monoestrato | Base | -- |
| 1990-20 | 7,6 | <ul style="list-style-type: none"> • Implantación generalizada de la monococción y del gas natural • Sistemas de cogeneración • Mayor conocimiento y control de los nuevos hornos de rodillos | 46 | Base |
| 2000-10 | 6,2 | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de calor residual • Precalentamiento del comburente | 56 | 18 |
| 2010-20 | 5,8 | <ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de calor residual • Precalentamiento del comburente • Nuevos quemadores de alta eficiencia • Equipos de gran tamaño y alta eficiencia | 59 | 24 |
| 2020- | 5,6 | <ul style="list-style-type: none"> • Automatización proceso • Gestión información • Grandes formatos | 61 | 26 |

5. Oportunidades futuras para la descarbonización del sector cerámico.

Los objetivos de reducción de emisiones de GEI que se han establecido a nivel europeo son muy ambiciosos, de modo que para alcanzarlos el sector deberá modificar radicalmente las tecnologías utilizadas en su proceso productivo, o verse abocado a reducir dramáticamente la producción global de baldosas cerámicas.

Una reducción importante de las emisiones por medidas tecnológicas sólo será posible con el uso de combustibles alternativos, la incorporación de nuevas tecnologías y modificaciones importantes en el proceso de fabricación.

Entre las opciones existentes destaca el empleo de hidrógeno como fuente directa de energía térmica por combustión, en los procesos de secado y cocción, concretamente el denominado hidrógeno verde, que es el que se genera por electrolisis utilizando como fuente energética electricidad de origen renovable. La comunidad internacional, en particular la UE, está depositando muchas esperanzas en la posibilidad de utilizar este combustible para descarbonizar algunos procesos que requieren elevadas temperaturas de operación. Aunque es una alternativa de indudable interés a largo plazo, se trata de tecnologías cuya implantación industrial está en una fase muy inicial de desarrollo, y va a requerir tiempos de desarrollo difícilmente compatibles con los

plazos propuestos a nivel europeo, puesto que no presenta un grado de madurez técnico-económico suficiente para una masiva implantación industrial, al menos a corto-medio plazo.

El principal inconveniente es que no se trata de una fuente energética primaria, sino que hay que generarlo, y para ello se requiere un consumo de electricidad, que debe provenir de fuentes de generación de origen renovable, para ser considerado hidrógeno verde y contribuir así verdaderamente a la descarbonización general de la economía. La principal ventaja es que se podría generar, en las propias plantas consumidoras, aunque ello conllevaría inversiones muy importantes teniendo en cuenta los elevados consumos energéticos de las empresas cerámicas, y que su combustión únicamente genera vapor de agua. No obstante, su implantación industrial se ve dificultada a corto plazo por la falta de investigación respecto a su aplicación en el proceso productivo del sector cerámico, y por la falta de equipos industriales disponibles. Por otra parte, el precio medio actual del hidrógeno verde es del orden de 5 veces mayor al del gas natural, lo que lo hace económicamente inviable a corto o medio plazo. Para incentivar su uso a través de generación distribuida, se requerirán de mecanismos de apoyo y de financiación para hacer viable este vector energético en la industria

Otras opciones pasan por el empleo de biocombustibles, como el biometano obtenido a partir de biogás generado con residuos orgánicos siendo la vía más sencilla hacia la descarbonización pues no requeriría de adaptaciones tecnológicas adicionales y por otra parte se podría utilizar la actual red de transporte y distribución del gas natural. De todos modos, aunque puede ser una alternativa que permita reducir las emisiones asociadas al uso del gas y ser de gran interés para algunas industrias concretas, no se considera realista a corto plazo que pueda tener una contribución muy significativa, debido a su baja disponibilidad, capacidad productiva limitada y carecer de un impulso político suficiente para su despliegue a nivel nacional.

Una de las posibilidades para reducir de manera importante las emisiones es un cambio radical en los equipos de secado y cocción, sustituyendo parcial o totalmente los sistemas de calentamiento por combustión por sistemas de calentamiento eléctrico. Es una opción que está en estudio y desarrollo, presentando la ventaja indudable de que desde el punto de vista tecnológico existen alternativa muy maduras, a pesar de que la gama de equipos industriales comerciales que permitan su implantación de manera general es limitada, fundamentalmente debido al inconveniente del precio de la energía eléctrica, y de las potencias requeridas, dado que sería necesario una gran inversión en la infraestructura eléctrica para cubrir la demanda de todo el sector. El empleo de instalaciones eléctricas no produciría emisiones directas de CO₂ a la atmósfera, siendo ésta una de las alternativas en fase de estudio en la actualidad.

La incorporación de energías renovables en el propio proceso (generación fotovoltaica de energía eléctrica, generación solar de energía térmica, biomasa, etc.) ofrece importantes oportunidades y debe maximizarse en la medida de lo posible, pero su contribución global a la reducción a las emisiones de GEI del sector está muy limitada por los grandes requerimientos energéticos y de temperatura del proceso de fabricación.

Por otro lado, la captura de CO₂ es una tecnología que presenta la indudable ventaja de que no requeriría un cambio en el proceso de fabricación, pero la baja concentración de CO₂ en las corrientes de salida, junto a la poca madurez de los procesos de captura, hacen que no se trate de una opción viable ni técnica ni económicamente, al menos a corto- plazo.

Por tanto, en los próximos años, el sector debe seguir centrando sus esfuerzos en mejorar el control de los procesos, en aumentar la recuperación del calor residual, y en aplicar tecnologías que permitan seguir reduciendo el consumo de gas natural.

A nivel de producto, se sigue trabajando para minimizar las emisiones, mediante el desarrollo de productos con un menor contenido en carbonatos para reducir las emisiones directas de proceso procedentes del producto, reducir el espesor de los productos fabricados, reducir la temperatura de cocción, etc.

Las principales ventajas e inconvenientes de cada una de las posibles tecnologías de descarbonización consideradas de aplicación al sector cerámico se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de las posibles tecnologías de descarbonización.

| TECNOLOGÍA | VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|------------------------------------|--|--|
| Hidrógeno como combustible | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Posibilidad de generación in-situ ▪ Su combustión sólo genera vapor de agua ▪ Versatilidad como vector energético | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No es una fuente primaria de energía, requiere electricidad para ser generado ▪ Necesidad de elevadas inversiones para su generación in-situ ▪ La electricidad debería provenir de fuentes renovables. H₂ verde ▪ No hay equipos industriales de combustión de H₂ comerciales ▪ No hay experiencias previas sobre el impacto en el producto final ▪ Requiere medidas específicas de seguridad |
| Biocombustibles: biomasa/biometano | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las emisiones no computan para el ETS ▪ Posibilidad de utilizar residuos orgánicos: simbiosis industrial ▪ Generación de biometano: no requeriría cambio de tecnología | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dificultades para cubrir la totalidad de la demanda energética del sector ▪ Garantía de suministro, disponibilidad en el entorno y coste del biocombustible |
| Electrificación | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No generan emisiones directas ▪ Existencia de equipos industriales, con producciones limitadas y productos muy específicos. ▪ Facilidad de control del proceso ▪ Posibilidad de cubrir parcialmente la demanda con autogeneración | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poca oferta de equipos industriales comerciales ▪ Elevado precio de la electricidad ▪ Dificultad para cubrir la demanda energética con autogeneración |
| Incorporación de renovables | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No generan emisiones directas ▪ No requieren grandes cambios en el proceso | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No pueden cubrir la gran demanda energética ni alcanzar elevadas temperaturas ▪ Necesidad de elevadas inversiones ▪ Necesidades de espacio muy elevadas para equipos de energía solar |
| Captura CO ₂ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No se requieren grandes cambios en el proceso ▪ Posibilidad de revalorizar el Carbono capturado en otros sectores: simbiosis industrial, economía circular | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poca madurez en los procesos de captura ▪ Bajas concentraciones de CO₂ en las emisiones sectoriales ▪ Necesidad de incorporar tratamientos de gases sofisticados |

El presente informe nº C212849 expedido a petición de la firma ASCER, Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos, consta de una portada y 21 páginas.

Castellón, 21 de octubre de 2021



Dra. Ana Mezquita Martí
Sostenibilidad

Cláusulas de responsabilidad

Los resultados, conclusiones y/o recomendaciones contenidos en este informe sólo se refieren al material sometido a ensayo y/o a la información suministrada por el peticionario.

No se admite ninguna responsabilidad referente a la exactitud y representatividad del muestreo a menos que éste haya sido efectuado bajo nuestra propia supervisión. Salvo mención expresa, las muestras y sus referencias han sido elegidas libremente por el peticionario.

Reservados todos los derechos. El contenido de este informe goza de la protección que le otorga la ley. No podrá ser comunicado, transformado, reproducido o distribuido públicamente en todo o en parte, sin la autorización expresa del Instituto de Tecnología Cerámica - AICE. La distribución de este informe solamente está autorizada para el envío puntual y no masivo a clientes y/o proveedores del peticionario, con el único objetivo de informar y siempre citando la autoría del Instituto de Tecnología Cerámica –AICE.

El Instituto de Tecnología Cerámica - AICE no se hace responsable del uso que el peticionario u otra persona o entidad haga de los datos o indicaciones contenidos en el presente informe, en perjuicio o en beneficio de las marcas comerciales que el peticionario haya podido citar como identificación de las muestras sometidas a estudio.

Este informe tiene carácter exclusivamente comercial y no podrá ser utilizado en cualquier procedimiento judicial o administrativo, ni como dictamen pericial ni como prueba documental, salvo autorización expresa del Instituto de Tecnología Cerámica - AICE. La autorización por parte de ITC-AICE estará condicionada, cuando así se requiera, al abono por parte del cliente, incluso con carácter previo, de los fondos necesarios para cubrir los gastos asociados a la defensa de este informe. ITC-AICE se reserva el derecho de tomar las oportunas acciones legales en caso de incumplimiento de esta cláusula.

El Instituto de Tecnología Cerámica - AICE podrá incluir en sus informes análisis, comentarios o cualquier otra valoración que juzgue necesaria, aun cuando ésta no hubiese sido expresamente solicitada.

El Instituto de Tecnología Cerámica - AICE se compromete a respetar estrictamente el carácter confidencial de los datos y resultados obtenidos en este informe.