

BUENAS PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS PROCESOS CERÁMICOS

**Agenor De Noni Junior¹, Julia de Oliveira Martins¹, Diego Simão Gonçalves¹,
Silvia Betta Canever¹, Luan Burin¹, Leonardo Vieira², Inayê Pessoa Braga
Nesi², Antônio Rogério Machado Jr.².**

- 1. Federal University of Santa Catarina, UFSC, Brasil.**
- 2. Companhia de Gás de Santa Catarina, SCGÁS, Brasil.**

1. INTRODUCCIÓN

La producción de baldosas cerámicas es un proceso de alto consumo energético, sobre todo en lo que respecta a la energía térmica para el secado y la cocción. El consumo oscila entre 2,7 y 4,7 GJ/tonelada, una cantidad que está a la par con la producción de clinker, con un consumo térmico global de 4,05 GJ/tonelada.

Los productos cerámicos BIIb, con una absorción de agua del 6-10%, fabricados por vía seca, suelen gastar menos energía que los de gres porcelánico, productos BIIa, fabricados por vía húmeda con una absorción de agua de <0,5%. En el primer ejemplo, es necesario una etapa de secado antes de la molienda para reducir la humedad del 15-20% al 4% (base seca). En el segundo caso, se requiere un secado por atomización después de la molienda para reducir el contenido de agua de la barbotina del 54-60% al 7% (base seca). Debido a la temperatura y al tiempo más elevados, 1180-1200 °C y 35-60 min, respectivamente, la cocción de los productos BIIa exige más energía que la de los productos BIIb, que pueden fabricarse a 1130-1150 °C y 25-35 min.

La combustión de gas natural, que no es renovable, constituye la técnica más avanzada actualmente para la generación de calor. En algunas circunstancias, el carbón sustituye al gas natural en el atomizador.

Este trabajo ofrece una serie de recomendaciones para mejorar la eficiencia de la energía térmica, que es imprescindible, incluso en el escenario actual o futuro de combustibles más ecológicos y/o electrificación. Todos los datos presentados están basados en mediciones realizadas en plantas industriales, seguidos de balances de materia y energía e intervenciones en los equipos. Todos los procedimientos aplicables se basan en la estabilización de los procesos, ajustes de aire:combustible y la recuperación energética.

Para llevar a cabo este tipo de trabajo es necesario disponer de instrumentos específicos. Entre los esenciales figuran un caudalímetro de gas, contador de piezas, balanza, termopar, manómetro de presión diferencial, analizador de gases de combustión, tubo Pitot, anemómetro y cámara termográfica.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estabilización de proceso en la alimentación del horno puede minimizar el consumo específico en aproximadamente un 12%. La figura 1a muestra el consumo de gas en función de la proporción de ocupación del horno. La reducción de las concentraciones de oxígeno como consecuencia de la regulación de los quemadores y la recuperación directa del aire de enfriamiento puede ahorrar hasta un 15% en el consumo total de gas. La figura 1b muestra el consumo energético en función de la concentración de oxígeno al principio de la zona de cocción.

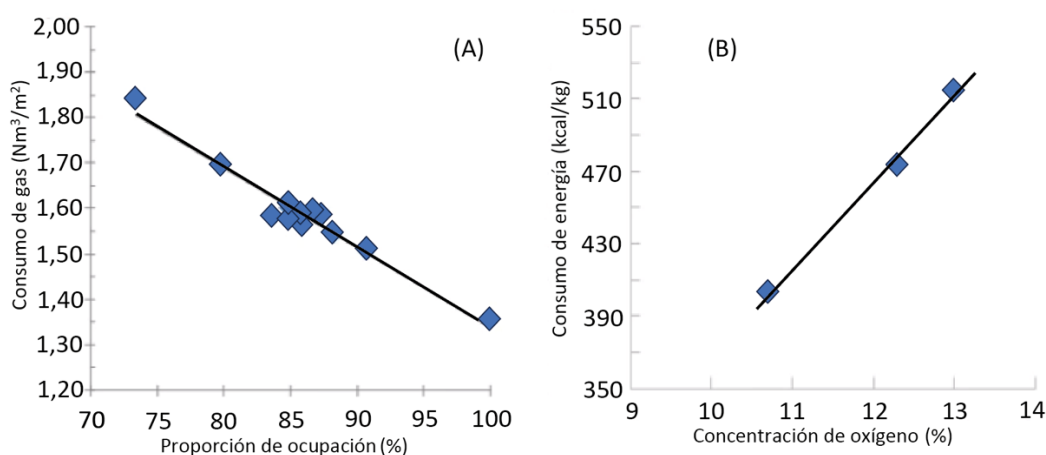


Figura 1. Consumo de gas o de energía en función de la proporción de ocupación y de la concentración de oxígeno en un horno industrial de rodillos.

El balance de materia y de energía nos muestra que el calentamiento del aire de combustión puede ahorrar aproximadamente un 1% de gas por cada 30 °C de aumento de la temperatura, o un 5% cuando se calienta de 25 °C a 175 °C. La recuperación directa del aire de enfriamiento puede ahorrar hasta un 30% en el secadero de soportes cerámicos verdes. La recuperación de los gases de combustión puede ahorrar hasta un 14% en el atomizador. La figura 2 muestra las principales corrientes de recuperación, equipos y productos de una planta de gres porcelánico.

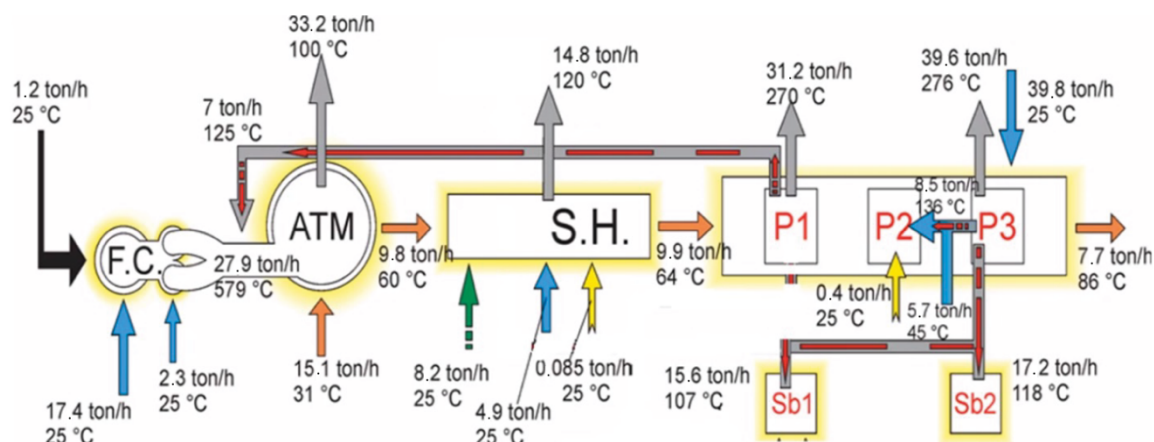


Figura 2. Principales corrientes de recuperación, equipos y productos de una planta de gres porcelánico

La inspección mediante cámara termográfica sólo puede evitar pequeñas pérdidas de calor, pero puede prevenir daños prematuros o inesperados en los sistemas mecánicos y eléctricos del horno o del secadero, como los rodamientos y conexiones eléctricas. La figura 3 muestra algunos ejemplos de las superficies exteriores del horno y del secadero de rodillos inspeccionadas con una cámara termográfica.

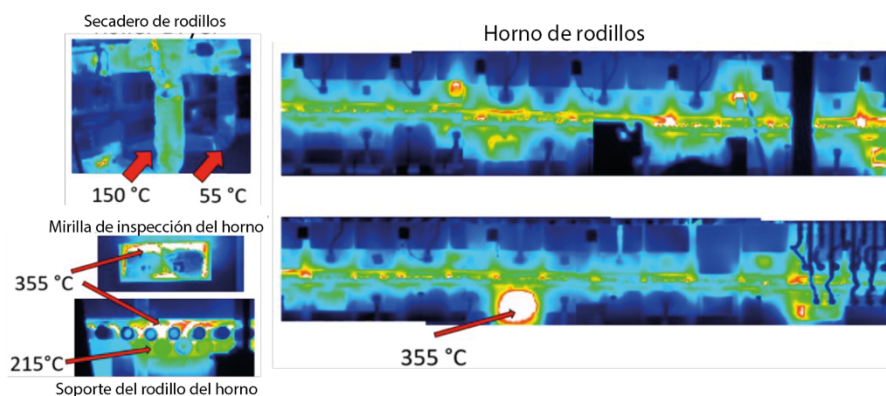


Figura 3. Superficies exteriores del horno y del secadero de rodillos inspeccionadas con una cámara termográfica

Según las condiciones de partida, todos estos métodos pueden reducir el consumo total de energía térmica en la fabricación de baldosas cerámicas entre un 20% y un 24%. En comparación, la hoja de ruta de los fabricantes de cemento de EE. UU. prevé una reducción del 25% en el uso de energía térmica hasta 2050 para cumplir con el compromiso de neutralidad de carbono en la fabricación de clinker. Todas las estrategias reseñadas son fáciles de aplicar en plantas ya operativas, mejorando su ciclo de vida, su sostenibilidad medioambiental y su competitividad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a todas las empresas donde se han recogido los datos y agradecen a SCGÁS, CAPES, ANP y CNPq su apoyo financiero.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ciacco, E. F. S., Rocha, J. R., & Coutinho, A. R. (2017). The energy consumption in the ceramic tile industry in Brazil. *Applied Thermal Engineering*, 113, 1283–1289. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.068>
- [2] Oliveira, M. C., Iten, M., Cruz, P. L., & Monteiro, H. (2020). Review on energy efficiency progresses, technologies and strategies in the ceramic sector focusing on waste heat recovery. En: *Energies* (Vol. 13, Number 22). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en13226096>
- [3] Mezquita, A., Boix, J., Monfort, E., & Mallol, G. (2014). Energy saving in ceramic tile kilns: Cooling gas heat recovery. *Applied Thermal Engineering*, 65(1–2), 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.01.002>
- [4] Mezquita, A., Monfort, E., Ferrer, S., & Gabaldón-Estevan, D. (2017). How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route. *Journal of Cleaner Production*, 168, 1566–1570. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.04.082
- [5] De Mello Santana P, Bajay S. (2016). New approaches for improving energy efficiency in the Brazilian industry. *Energy Reports* 2 62–66. doi: 10.1016/j.egy.2016.02.001
- [6] A. Mezquita, E. Vaquer, E. Monfort. Brasil x Espanha: Consumo de Energia Térmica e Emissões de CO2 Envolvidos na Fabricação de Revestimentos Cerâmicos. *Cerâmica Industrial*, 2011.
- [7] NASSETTI, G. Como melhorar a eficiência energética na indústria de revestimentos cerâmicos. *Cerâmica Industrial*, São Paulo, v.15, n.1, 2010.
- [8] Ferrer, S., Mezquita, A., Aguilera, V. M., & Monfort, E. (2019). Beyond the energy balance: Exergy analysis of an industrial roller kiln firing porcelain tiles. *Applied Thermal Engineering*, 150, 1002–1015. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.01.052>