

ESTRATEGIAS PARA UNA INDUSTRIA CERÁMICA HIPOCARBÓNICA. GRANULACIÓN VÍA SECA.

C. Segarra⁽¹⁾, M. F. Quereda⁽¹⁾, P. Escrig⁽¹⁾, A. Saburit⁽¹⁾

**⁽¹⁾ Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las
Industrias Cerámicas (AICE)**

Universitat Jaume I. Castellón. España.

1. INTRODUCCIÓN

La reducción del consumo de energía en el sector industrial cerámico y en consecuencia la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), es uno de los objetivos estratégicos del proyecto CerOh! Strategies que está realizando el ITC. El presente trabajo recoge una de las líneas de experimentación, en la que se propone la sustitución del proceso de preparación vía húmeda del material para el soporte cerámico por un método de preparación vía seca mucho más eco-sostenible.

En el presente trabajo se recoge el estudio de viabilidad del proceso vía seca para su aplicación industrial, realizando una comparativa entre los distintos sistemas de granulación existentes en el mercado. Para este estudio se han caracterizado las propiedades de los distintos productos obtenidos para realizar dicha comparativa incluyéndose un análisis de eficiencia energética y económica de cada uno de los procesos propuestos.

2. EXPERIMENTAL

2.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Se han seleccionado las siguientes tres tecnologías, Figura 1, para realizar el estudio comparativo:

- Granuladora vertical de alta cizalla
- Granuladora horizontal baja cizalla
- Tecnología "roller-Compactor": Consiste en un compactador o "briquetadora" que obtiene pellets a partir del material molturado vía seca humectado, seguido de un sistema de reducción de tamaño, Figura 1, que a su vez da una cierta forma esférica a los gránulos. Finalmente existe una etapa de tamizado para eliminar tanto la fracción gruesa como la fina, las cuales son recirculadas al inicio del proceso.

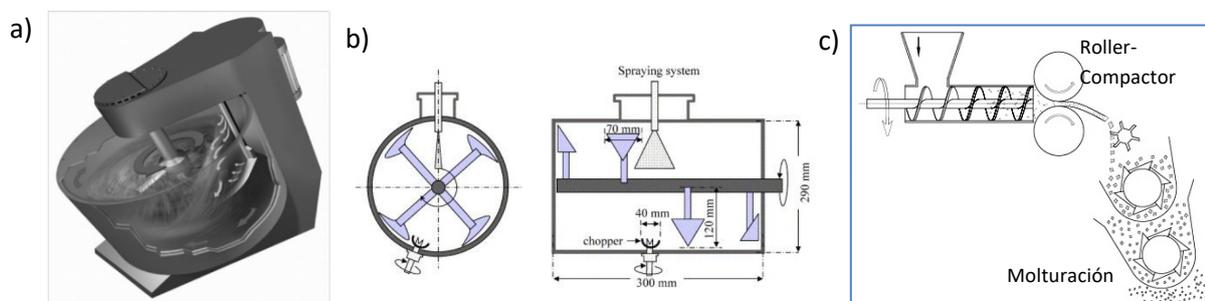


Figura 1. Imágenes de las distintas tecnologías utilizadas para la granulación de materiales a) granulador vertical de alta cizalla b) granuladora horizontal de baja cizalla c) "roller-compactor"

Junto con el estudio comparativo de formación de gránulos con distintas técnicas de aglomeración se ha analizado la productividad de los métodos analizando la producción en continuo y por lotes.

2.2. PRUEBAS DE GRANULACIÓN

Las variables estudiadas en cada proceso de granulación han sido: cantidad de ligante (agua), velocidad de granulación, tiempo de granulación, método de adición de ligante, intensidad de conformado de las briquetas y velocidad del rotor de cuchillas en el roller compactor. Tras fijarse las variables óptimas que han permitido obtener una distribución de tamaño de gránulo que facilite el proceso de prensado cerámico, se han caracterizado las propiedades de los gránulos determinándose: su fluidez, distribución de tamaño de gránulos, esfericidad, presión de fluencia e índice de Hausner.

Todos los resultados obtenidos en los ensayos de granulación se han comparado con los de una muestra de granulado obtenido mediante la técnica tradicional de molturación por vía húmeda y secado por atomización, ya que esta es la técnica que se pretende reemplazar. También se ha caracterizado el material molturado vía seca y humectado para su prensado sin pasar por un proceso de aglomeración, con el objeto de determinar los ahorros obtenidos en este proceso vía seca y cuantificar en cuanto se mejoran las propiedades finales del material cuando se aplica un proceso de aglomeración. Se incluye además un estudio de consumos energéticos para determinar la viabilidad de implementar el proceso de granulación dentro de la cadena de producción de baldosas cerámicas a nivel industrial.

3. RESULTADOS

Si observamos los resultados de la distribución de tamaño de gránulo obtenida para cada una de las distintas técnicas utilizadas en la aglomeración de partículas (Tabla 1) podemos observar como con la técnica de granulación vía seca las partículas humectadas apenas se aglomeran por lo que todo el material es fino y apenas obtenemos aglomerados en la fracción deseada (300-500 μm). Sólo con la granuladora vertical de alta cizalla se obtiene una distribución de tamaños parecida a la del material atomizado, aunque la curva de distribución se desplaza hacia tamaños mayores de aglomerado en lugar de estar centrada en la fracción objetivo (300-500 μm). En todas las técnicas analizadas, para su aplicación en el proceso industrial, sería necesario volver a molturar el material grueso (previamente tamizado) e introducir de nuevo en el proceso de granulación el material fino para conseguir el tamaño óptimo apto para el prensado. Sin embargo, es evidente que esto incrementará el consumo eléctrico del proceso y disminuirá la productividad, pues se requiere de una operación de separación por tamizado que a las humedades altas que presentan los gránulos se ve ralentizada.

Distribución de tamaño de gránulo (%)	Atomizado STD Vía húmeda	Polvo vía seca	Granuladora alta cizalla vertical	Granuladora baja cizalla horizontal	Roller compactor (25Hz, 2H)
Fracción < 125 µm	4-5	58,8	3,7	1,2	9,9
Fracción 125 - 200 µm	10-12	13,7	8,4	2,4	5,1
Fracción 200 - 300 µm	20-21	7,5	19,1	6,8	3,
Fracción 300 - 500 µm	50-53	11,9	36,0	22,3	7,7
Fracción 500 - 710 µm	9-10	4,4	19,9	26,6	14,0
Fracción > 710 µm	3-4	3,7	12,8	40,8	59,4
Aumento fracción fina (%)	-	53	-	-	5
Aumento fracción gruesa (%)	-	-	9	37	55

Tabla 1. Estudio comparativo de la distribución de tamaños de gránulos y rechazos obtenidos con cada técnica de granulación

Si se compara el consumo de agua necesario para obtener el material granulado con las distintas técnicas (Tabla 2) se observa que en procesado por atomización se consume un 20% más de agua que en los procesos de molturación por vía seca y granulación. Los consumos energéticos son también más elevados en el secado por atomización, debido al consumo de energía térmica para evaporar el agua de molturación, aunque actualmente estos consumos se han minimizado gracias al proceso de cogeneración eléctrica utilizado en estos tipos de instalaciones. En cuanto a las propiedades de los gránulos obtenidos, el índice de Hausner más bajo implica una mejor fluidez, obteniéndose con el polvo vía seca un valor demasiado alto que indica el carácter cohesivo del mismo, seguido del material granulado en el equipo roller-compactor. Este comportamiento se observa también en los valores de velocidad de flujo.

Granuladora	Atomizado STD Vía húmeda	Polvo vía seca	Granuladora alta cizalla vertical	Granuladora baja cizalla horizontal	Roller compactor (25Hz, 2H)
Agua inicial (%)	30	7	13	13	11
Humedad del granulado	6	7	11	12	10
Índice de HAUSNER	1,21	1,55	1,25	1,31	1,33*
Velocidad de flujo másica (g/s)	36	No fluye	35	34	21,8*

*obtenida tras el tamizado a 1 mm del material

Tabla 2. Estudio comparativo de las propiedades de los gránulos obtenidos con cada técnica de granulación

En la Figura 2 se puede observar la morfología de los gránulos obtenidos con cada una de las técnicas (muestras sin tamizar). En estas imágenes se aprecia la elevada presencia de material fino ($<125\ \mu\text{m}$) y grueso ($>750\ \mu\text{m}$) si se comparan con el material atomizado STD a).

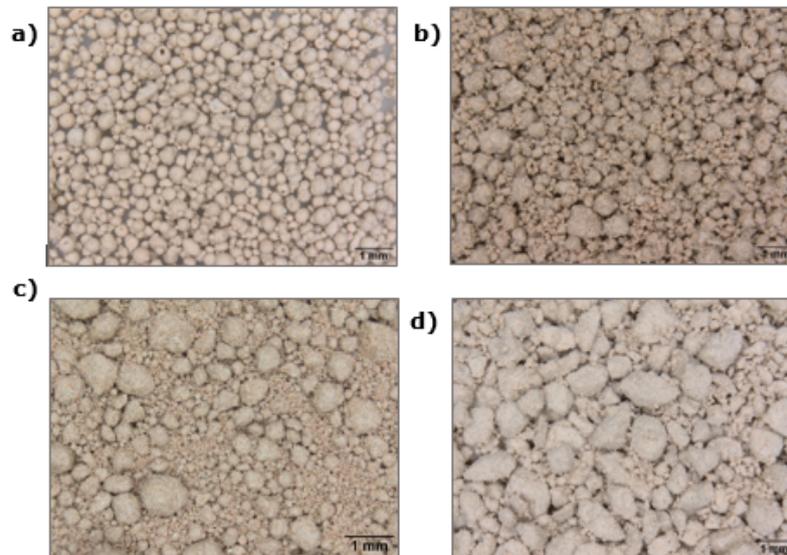


Figura 2. Imagen tomada en microscopio estereoscópico de los gránulos obtenidos por las distintas técnicas comparadas en el estudio. a) material atomizado b) material obtenido en granuladora vertical de alta cizalla c) material obtenido en granuladora horizontal de baja cizalla d) material obtenido con la tecnología roller compactor

4. CONCLUSIONES

Del presente estudio comparativo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El proceso de granulación necesita una cantidad de agua del 10-13% para lograr la aglomeración de las partículas, por lo que se requiere de un proceso posterior al proceso de granulación para ajustar la humedad de los gránulos a la humedad necesaria para el prensado (6-7%). Este hecho reduce los ahorros energéticos esperados al tener que incluir una etapa de secado. Aun así el ahorro energético y de consumo de agua sigue siendo significativo (50-70%).
- Se ha observado que con las tres técnicas de granulación se obtiene una distribución de tamaño de gránulos bimodal, no centrada en la fracción 300-500 μm . Esto puede generar problemas (debido a la cantidad de finos y gruesos) sino se realiza un tamizado y posterior reciclado de los rechazos obtenidos.
- Del estudio comparativo realizado puede concluirse, que la tecnología con la que se obtiene una distribución granulométrica y fluidez más parecida a la del producto actual es la técnica de granulación a alta cizalla. Además, esta tecnología es la que presenta menores rechazos de fracción fina y gruesa a reciclar en el proceso.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route . A.Mezquita a, E. Monfort a, S. Ferrer a, D. Gabaldon-Estevan b, Journal of Cleaner Production (2017) 1e5
- [2] Influence of some operating variables on the characteristics of granules obtained in a high shear granulator. Segarra, C.(1); Cervantes, E.; García-Ten, F.J; Quereda, M.F. Qualicer 2016: XIV Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico.
- [3] Estudio de la influencia de las variables de proceso sobre las propiedades de los gránulos de arcilla obtenidos en una mezcladora-granuladora de alta cizalla E. Cervantes, F. J. García-Ten, C. Segarra, F. Quereda. Qualicer 2014: XIII Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico.

6. AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto “CerOh! Strategies”, Estrategias de economía circular para una industria cerámica hipocarbónica., proyecto cofinanciado por el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) y la Unión Europea a través del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.