

**José Manuel Moreno-Maroto<sup>1\*</sup>, Carlos Javier Cobo-Ceacero<sup>1</sup>, Beatriz González-Corrochano<sup>1</sup>, Antonio Conde-Sánchez<sup>2</sup>, Ana M. Martínez-Rodríguez<sup>2</sup>, Jacinto Alonso-Azcárate<sup>3</sup>, Manuel Uceda-Rodríguez<sup>1</sup>, Ana B. López<sup>1</sup>, Teresa Cotes-Palomino<sup>1</sup>, Carmen Martínez-García<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Jaén. Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales. Campus Científico-Tecnológico de Linares, C.P. 23700, Linares (Jaén, España)

<sup>2</sup>Universidad de Jaén. Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Campus de las Lagunillas, C.P. 23071, Jaén (España)

<sup>3</sup> Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Química-Física. Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Avda. Carlos III, s/n, C.P. 45071, Toledo (España)

Contacto: [jmmaroto@ujaen.es](mailto:jmmaroto@ujaen.es)

## 1. Introducción y objetivos

El árido ligero artificial (ALA) es uno de los principales candidatos a ocupar un papel privilegiado en el cambio que se está produciendo hacia un sector de la construcción más limpio y sostenible [1,2]. Sin embargo, todavía hay ciertos aspectos básicos sobre el proceso de expansión volumétrica que conduce a su formación, los cuales han de comprenderse a fin de mejorar su fabricación industrial.

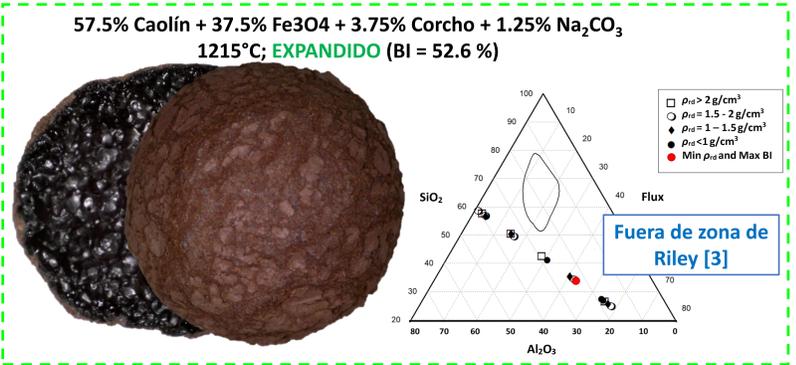
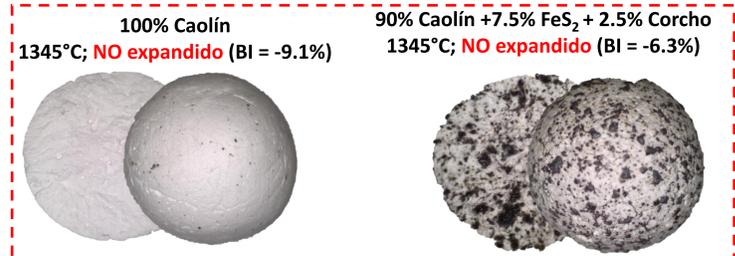
La presente investigación, se ha centrado en el impacto generado por dos fases de hierro diferentes cuando se añaden a un caolín arquetípico libre de este metal: la magnetita ( $Fe_3O_4$ ) y la pirita ( $FeS_2$ ), incorporados en proporciones en peso entre 0-50 % y 0-15 %, respectivamente. Del mismo modo, se ha estudiado el efecto sinérgico que conlleva la adición de un fundente, como es el  $Na_2CO_3$ , y una fase orgánica, en este caso residuo de corcho pulverizado, ambos en porcentajes entre 0-5 % en peso.

## 2. Métodos

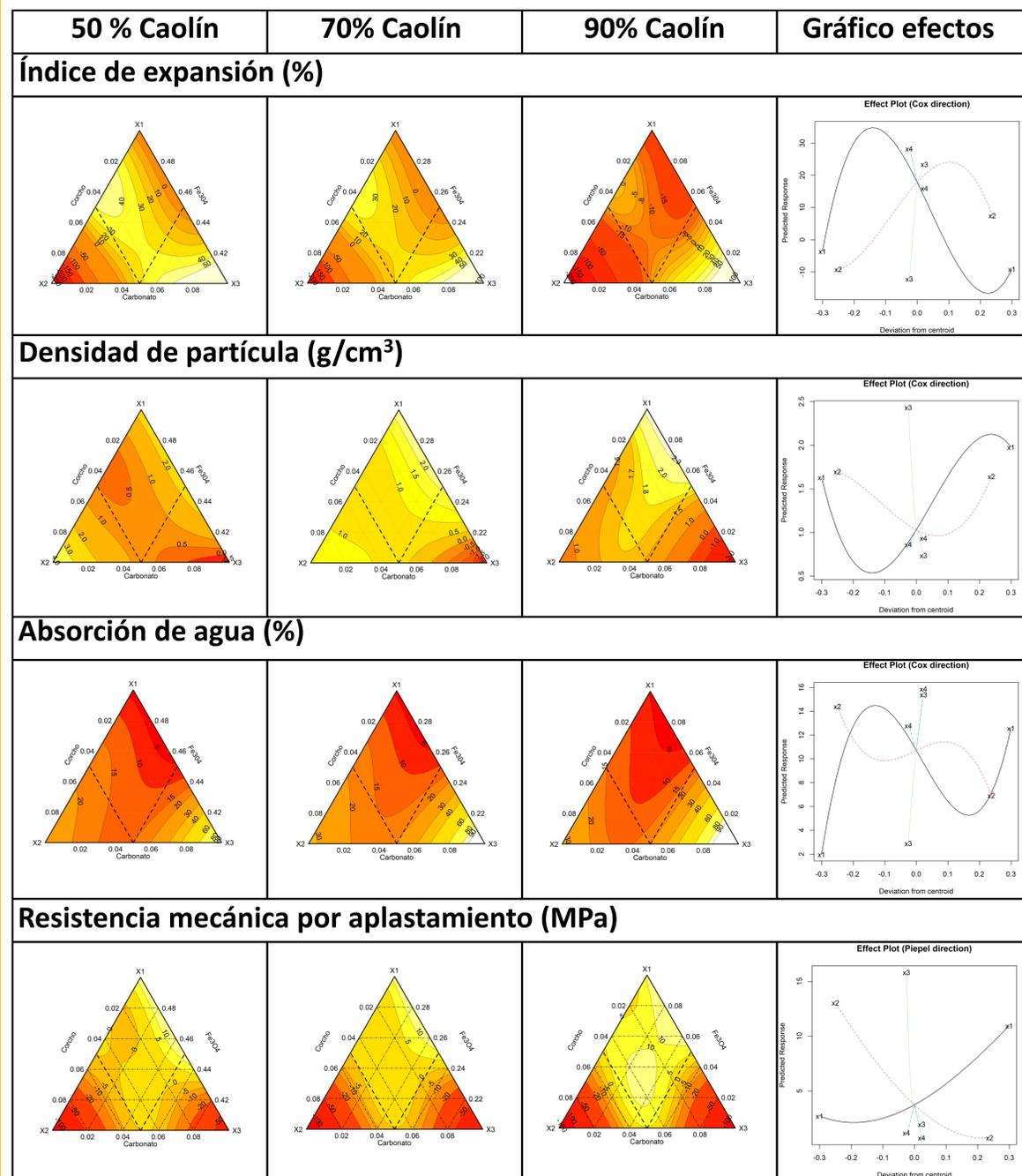
- Caracterización físico-química de materias primas.
- Diseño de mezclas con librería mixexp (software R): 72 mezclas.
- Extrusión, pelletización y secado de gránulos de aprox. 9 mm.
- Cocción en horno tubular rotatorio a máxima temperatura posible.
- Determinación de principales propiedades tecnológicas: densidad, índice de expansión, absorción de agua y resistencia mecánica.
- Gráficos de superficie de respuesta y efecto, así como óptimos.
- Validación de los óptimos con resultados experimentales.



## 3. Fabricación y caracterización de ALAs



## 4. Análisis estadístico: Gráficos de superficie de respuesta y efectos



## 5. Optimización y validación

Variable	Proporción de cada fase añadida (%)				Valor obtenido		
	Caolín	$Fe_3O_4$	Corcho	$Na_2CO_3$	Est.	Exp.	Dif. %
Índice de expansión (%)	56.4	39.7	3.9	0.0	52.9	55.9	-5.4
Densidad de partícula (g/cm³)	56.4	39.6	4.0	0.0	0.32	0.36	-11.1
Absorción de agua (%)	66.1	23.9	5.0	5.0	21.0	25.4	-17.5
Resistencia a aplastamiento (MPa)	46.3	50.0	0.0	3.7	17.8	13.8	29.0

## 6. Conclusiones

- El caolín solo o acompañado con  $FeS_2$ , corcho y/o carbonato sódico no ha presentado el comportamiento expansivo deseado. En cambio, la adición del  $Fe_3O_4$ , sí que ha llevado a resultados satisfactorios, estimándose una expansión superior al 50% en mezclas de caolín: $Fe_3O_4$ :C: $Na_2CO_3$  con proporciones de 56:40:4:0.
- En términos generales, los modelos obtenidos estadísticamente se han ajustado correctamente en el rango de interpolación en las principales propiedades estudiadas, lo cual sugiere que el Diseño de Mezclas es una herramienta con gran potencial en este tipo de estudios.
- Los resultados de esta investigación serían aplicables a arcillas caolínicas de similares características, las cuales son muy comunes en el sector cerámico, abriéndose también la posibilidad de estudiar tales efectos en otro tipo de arcillas y fases de hierro, incluyendo residuos de distinta índole.

## Referencias

1. Ayati, B., Ferrándiz-Mas, V., Newport, D., Cheeseman, C., 2018. Use of clay in the manufacture of lightweight aggregate. *Constr. Build. Mater.* 162, 124–131.
2. Dondi, M., Cappelletti, P., D'Amore, M., de Gennaro, R., Graziano, S.F., Langella, A., Raimondo, M., Zanelli, C. 2016. Lightweight aggregates from waste materials: Reappraisal of expansion behavior and prediction schemes for bloating. *Constr. Build. Mater.* 127, 394–409.
3. Riley, C.M., 1951. Relation of chemical properties to the bloating of clays. *J. Am. Ceram. Soc.* 34(4), 121–128.

## Agradecimientos

Estudio vinculado al Proyecto PID2019-109520RB-I00 ¿Pueden los residuos industriales y mineros ricos en metales producir áridos ligeros sostenibles? Aplicando la Economía Circular (ECO-MET-AL), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y Fondos FEDER (Proyectos I+D+i - Retos de la Sociedad 2019). Reconocimiento a los SCAI de la Universidad de Jaén y la Universidad de Málaga por los servicios prestados.