

## Transformaciones y reacciones químicas de las arcillas debido a la acción del calor

Los [minerales arcillosos](#) presentes en la mayor parte de arcillas empleadas en la fabricación o elaboración de productos cerámicos son la caolinita, la illita y, en ocasiones, la montmorillonita.

### Acción del calor en los minerales del grupo de la caolinita

Los principales minerales de este grupo son:

- **Halloisita.** Tiene sus capas separadas por una capa de moléculas de agua. Este mineral se transforma en **metahalloisita** por pérdida de agua.
- **Dickita, nacrita, livesita y caolinita.** En ellos no existe la posibilidad de intercalación de moléculas de agua u otro tipo de moléculas o iones entre sus capas. La caolinita se presenta bajo formas de masas arcillosas de color blanco frecuentemente contaminadas con hierro, cuarzo y micas.

Estos minerales proceden de la alteración química de los feldespatos y tienen la estructura cristalina más sencilla, y por lo tanto más estable, de los minerales arcillosos. En esta estructura son raras las sustituciones, y por lo tanto la abundancia de estructura caolínica en una arcilla implica **estabilidad** ante el calor es decir, **refractariedad**.

La fórmula molecular de la caolinita es:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

Con la **acción del calor** estos minerales sufren los siguientes cambios <sup>(1) (2)</sup>:

- Entre **100-200 °C**, **pérdida de agua de adsorción**. Se elimina el agua adsorbida superficialmente, situada entre las capas de los minerales arcillosos.
- Entre **500 y 650 °C**, **deshidroxilación**. Los iones  $OH^-$  de la estructura cristalina de la caolinita comienzan a ser eliminados formándose una fase amorfa y metaestable denominada metacaolinita (13,9 %) y una destrucción parcial de la estructura cristalina, debido al reordenamiento de los átomos.



La deshidroxilación supone la pérdida de plasticidad del caolín.

- Desde los **980 °C** hasta unos **1040 °C**, **reacción exotérmica de cristalización**. En la siguiente tabla tienes resumidos los elementos que se forman a partir de la metacaolinita:

Mineral.	Fórmula molecular.	Porcentaje.
Espinela.	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	30 a 40 %
Mullita.	$3Al_2O_3 \cdot SiO_2$	5 %
Aluminosilicato amorfo.	$xAl_2O_3 \cdot ySiO_2$	30 a 40 %
Sílice libre.	$SiO_2$	5 a 35 %

A su vez la sílice libre se transforma en cristobalita.

- A partir de la espinela **se forma, entre 1150 y 1250 °C mullita primaria**. Esta forma grandes bloques o cristales escamosos que no benefician la resistencia mecánica del producto acabado.
- A temperaturas superiores a los **1250 °C se forma mullita secundaria** a partir del aluminosilicato amorfo. La mullita secundaria presenta cristales aciculares que refuerzan la resistencia mecánica del material.

En la figura 1 tienes esquematizadas todas estas reacciones químicas.

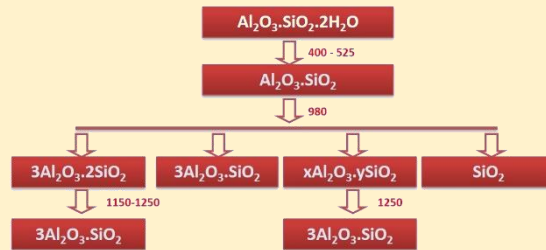


Figura 1. Acción del calor en minerales del grupo de la caolinita. Imagen: Rafa Galindo.

Así pues, cuando se emplean arcillas caolíníticas en la fabricación de productos cerámicos, el resultado final implica la presencia de mullita. La mullita es dura, y aporta a la composición resistencia química y mecánica.

#### Acción del calor en los minerales del grupo de la illita

Las illitas tienen una composición muy variable <sup>(3)</sup>. Sin embargo, para representarlas suele utilizarse, como una aproximación, la fórmula molecular de mica no hidratada moscovita <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>, es decir  $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$  que corresponde a una relación sílice-alúmina igual a la de la caolinita, aunque con menores pérdidas en calcinación y una cantidad apreciable (11,8 %) de óxido de potasio. Las illitas pueden presentar también óxidos de hierro en un amplio rango de concentraciones (hasta un 8 % en peso) y láminas de [esmectitas](#) intercaladas.

Se trata de una estructura menos estable que la de la caolinita, ya que presenta sustituciones de alúmina por sílice y presencia de potasio. Las illitas son, por tanto, más **fundentes**.

En estas arcillas, la deshidroxilación ocurre en un amplio rango de temperaturas. El pico se localiza entre 500 y 600 °C aunque puede iniciarse ya a unos 350 °C y terminar sobre los 900 °C <sup>(1)</sup>. Al contrario de lo que ocurre con la caolinita, esta reacción no implica una pérdida de cristalinidad, aunque la superficie específica del mineral sí que se incrementa.



A partir de 900 °C se inicia la formación de fases de alta temperatura, con la formación de espinela, que a partir de 1100 °C puede incorporar hierro para formar hematita <sup>(1)</sup>. La cantidad y tamaño de partícula de esta espinela aumentan hasta temperaturas próximas a 1150 °C.

A 950 °C se tienen tres fases cristalinas presentes:

- Corindón ( $\alpha$ - $Al_2O_3$ )
- Hematita ( $Fe_2O_3$ )
- Espinela ( $MgO \cdot FeO \cdot Fe_2O_3 \cdot Al_2O_3$ )

A 1050 °C se presentan las primeras trazas de fusión de las illitas, y la cantidad de líquido formado se incrementa hasta que desaparecen todas las fases cristalinas sobre los 1450 °C. Tan pronto como la fusión comienza, las tres fases cristalinas iniciales se disuelven en el fundido y reaccionan con la sílice para formar mullita ( $3Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ), que, como ocurría con la caolinita, es la fase que se obtiene al final del proceso de cocción. La cantidad de mullita va incrementándose hasta alcanzar los 1200 °C, momento en el que comienza a disolverse en el líquido. Por su parte, el hierro tiende a incorporarse a la fase fundida y a reaccionar con incorporación en la espinela, siendo casi completa su incorporación a unos 1250 – 1300 °C.

En la figura 2 tienes esquematizadas todas estas reacciones químicas.

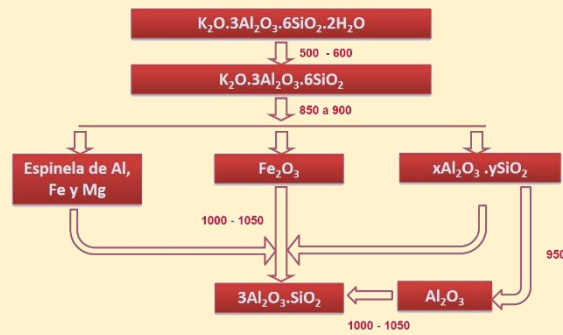


Figura 2. Acción del calor en las illitas. Imagen: Rafa Galindo.

**El comienzo de la fusión alrededor de los 1050 °C y la aparición de mullita explican por qué muchos productos cerámicos fabricados a partir de arcillas illíticas se cuecen entre 1050 °C y 1130°C, ya que la fase vítrea resultante de la fusión proporciona al producto escasa porosidad mientras que la mullita proporciona resistencia química y mecánica.**

#### Bibliografía

- (1) SANCHEZ-MUÑOZ, L.; CARDA, J.B. "Materias primas y aditivos". Enciclopedia cerámica. Vol-2.2. Pgs 88-93. Ed. Faenza Editrice Ibérica. Castelló, 2003.
- (2) GALÁN, E; ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J. "El caolín en España". Ed. Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Madrid, 1974.
- (3) AMORÓS ALBARO, J.L. BARBA, A.; BELTRÁN, V. "Estructuras cristalinas de los silicatos y óxidos de las materias primas cerámicas" 1ª Ed. Pgs. 104-105. AICE-ITC. Castelló, 1994.
- (4) SACMI-ATC. "Tecnología cerámica aplicada. Vol.1". Pg. 68. Faenza Editrice Ibérica S.L. Castelló, 2004.
- (5) ENRIQUE NAVARRO, J.E.; AMORÓS ALBARO. "Tecnología cerámica. Vol. 1. Introducción a la tecnología cerámica. Materias primas cerámicas". Universidad de Valencia. València, 1985.