

# Variaciones dimensionales de los materiales cerámicos

Ana Sánchez-Ostiz Gutiérrez. Dra. Arquitecta

Se estudian en este artículo las variaciones dimensionales irreversibles que experimentan algunos materiales cerámicos, comparando sus efectos con los de las dilataciones y contracciones reversibles, en el caso de fachadas con hoja exterior de ladrillo caravista.

Las fachadas de ladrillo caravista pueden sufrir lesiones de origen mecánico causadas por deformaciones excesivas de elementos estructurales, que introducen unos esfuerzos en las fábricas para los cuales no fueron calculadas; por ejemplo, asientos diferenciales de cimentación, flechas excesivas en forjados que fisuran horizontalmente la hoja exterior por encima y por debajo del forjado, inestabilidad de la propia fábrica por falta de apoyo, etc. La acción individual o combinada de estas causas, unida a la diferente o defectuosa calidad de los ladrillos y morteros, dan lugar a fisuras diversas y erráticas en las fábricas.

Además, los materiales cerámicos pueden experimentar dilataciones y contracciones reversibles debidas a acciones térmicas y de humedad, e irreversibles motivadas por fenómenos relacionados con su proceso de fabricación y su composición, que igualmente pueden fisurar la fábrica si el alargamiento o acortamiento está coartado. Es decir, si existe algún elemento que impide la deformación, se originan tensiones normales (de compresión o de tracción) y tangenciales (esfuerzo cortante), que en algunos casos superan las respectivas resistencias y se produce la fisuración de las fábricas. Estas coacciones se evitan disponiendo juntas en las que se absorben estas variaciones dimensionales y que impiden que se generen los esfuerzos que causan las fisuraciones.

En este artículo nos vamos a centrar en las variaciones dimensionales irreversibles que experimentan algunos materiales cerámicos, comparando sus efectos con los de las dilataciones reversibles, en el caso de fachadas con hoja exterior de ladrillo caravista.

## VARIACIONES DIMENSIONALES REVERSIBLES

Los ladrillos pueden sufrir variaciones dimensionales reversibles debidas a cambios de humedad y/o temperatura. Aumentan su tamaño en función de que absorban humedad o de que aumente su temperatura. Sin embargo, estas dilataciones se recuperan al perder la humedad o disminuir la temperatura.

Los efectos de la humedad son debidos a que los materiales cerámicos, por su sistema de fabricación, cocción de la arcilla a alta temperatura, normalmente superiores a los  $700^{\circ}$ , quedan secos por completo a la salida del horno. A partir de su exposición al aire libre, experimentan un aumento de volumen por la acción del agua, en forma de vapor o estado líquido, para continuar durante años. Esta absorción de agua provoca un entumecimiento bastante débil, que es reversible por desecación, sometiéndolo a una temperatura inferior a  $100^{\circ}$  C, o más lentamente, exponiéndolo a un ambiente más seco.

La variación relativa que provoca la humedad en los ladrillos, entre valores extremos, retracción máxima y tumidez máxima, se estima en  $12$  a  $15 \times 10^{-5}$ . Es decir que una fábrica de  $1$  metro de longitud en el estado de retracción máxima, se podría alargar hasta:

$$e = 1000 \times 15 \times 10^{-5} = 0'15 \text{ mm}$$

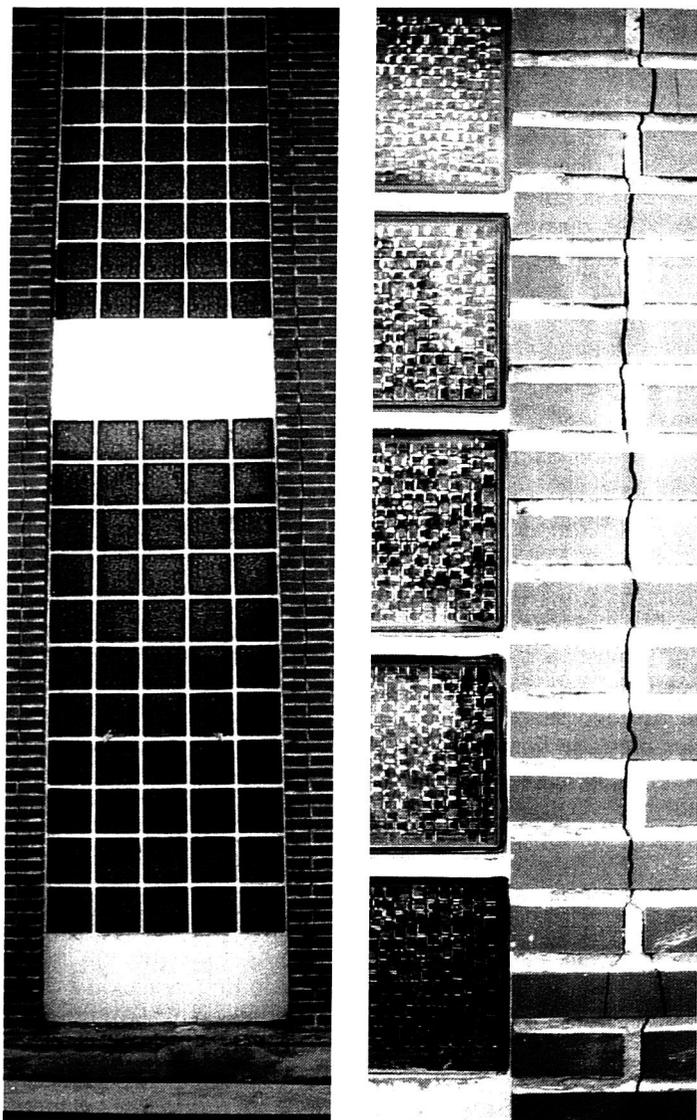
Si la fábrica estuviese coartada de tal modo que no fuese posible su alargamiento, en el caso extremo estaría sometido a una tensión:  $\sigma = \epsilon \times E = 15 \times 10^{-5} \times E$ ; siendo  $E$  el módulo de deformación del ladrillo que puede variar de  $0'9$  a  $3'5 \times 10^5$  Kp/cm<sup>2</sup>

Las tensiones de compresión a las que estaría sometida la fábrica serían:

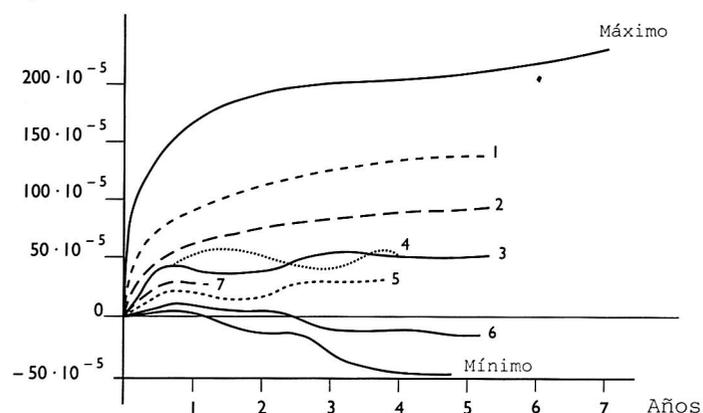
$$13'5 \leq \sigma \leq 52'5 \text{ Kp/cm}^2$$

Por una parte, no es normal que un ladrillo varíe de volumen de un estado mínimo al máximo y por otra, los ladrillos tienen un módulo de deformación que raras veces supera los  $175.000$  Kp/cm<sup>2</sup>. De esta manera, podemos estimar que la tensión probable máxima sería  $\sigma = 13$  Kp/cm<sup>2</sup>, que las fábricas absorberían normalmente sin fisurarse.

El coeficiente de dilatación térmica de los materiales cerámicos, en general, está comprendido entre  $0'5$  y  $0'6 \times 10^{-5}$  por grado. Para  $50^{\circ}$  C, la variación relativa que provoca la temperatura en los ladrillos es de  $30 \times 10^{-5}$ .



2. y 3



1.

### VARIACIONES DIMENSIONALES IRREVERSIBLES

Además de estas dilataciones reversibles, se ha demostrado que determinados ladrillos experimentan otro tipo de variación dimensional llamada dilatación potencial o tumidez irreversible, muy lenta, pero susceptible a largo plazo, de alcanzar valores mucho más importantes que las dilataciones reversibles.

Según Gerard Blachère, esta tumidez de la cerámica, "puede ser anulada por recocido a 600°C como mínimo. Es un fenómeno difícil de explicar por proceso físico y todo lleva a creer que se debe a una combinación del agua con algunos elementos del producto cocido, sílice y silicatos amorfos. En el estado actual de los estudios, parece que la velocidad de evolución y la amplitud final de esta tumidez dependen de la composición química de la arcilla de origen, de la temperatura de cocción y quizás, en menor grado, de la atmósfera y del proceso del horno, y sobre todo del tiempo transcurrido entre su fabricación y su puesta en obra".

La evolución del fenómeno, parece que no se acelera, a temperatura normal por la acción del agua en estado líquido (lluvia).

La mayor parte de la dilatación se produce en los tres primeros meses, alcanzando un valor aproximado de  $100 \times 10^{-5}$ . Entre los tres y seis meses la dilatación es de  $140 \times 10^{-5}$ , estabilizándose prácticamente a partir de los seis meses, según se refleja en la figura 1, extraída de la publicación "Saber Construir" de Gerard Blachère.

Como se observa, esta variación dimensional irreversible, puede alcanzar valores mucho más importantes que los descritos en las dilataciones reversibles.

### LESIONES EN FACHADAS DEBIDAS A LAS DILATACIONES IRREVERSIBLES

Cuando el ladrillo que se emplea tiene menos de seis meses de vida es susceptible de sufrir estas dilataciones. Una vez ejecutada la fábrica, si la dilatación de los ladrillos, está impedida, produce una tensión superior a la resistencia del ladrillo y por lo tanto, éste se fisura.

La tensión  $\sigma$  producida por la dilatación es igual al producto entre la deformación unitaria,  $\epsilon$  y el módulo de deformación E.

Como se ha visto anteriormente, entre los tres primeros meses y el año de exposición al aire, el ladrillo puede experimentar tumedeces irreversibles de 100 a  $160 \times 10^{-5}$ .

El valor del módulo de deformación E oscila entre  $0.9$  a  $1.5 \times 10^5$  Kp/cm<sup>2</sup> para los ladrillos macizos y entre  $2$  y  $3.5 \times 10^5$  Kp/cm<sup>2</sup> para los ladrillos huecos.

Tomando valores medios tendremos que la tensión producida por la dilatación es:

$$\sigma = 130 \times 10^{-5} \times 1.7 \times 10^5 = 221 \text{ Kp/cm}^2$$

Esta tensión es superior a la resistencia del ladrillo y por lo tanto éste se fisura. La resistencia a tracción es de 60 a 120 Kp/cm<sup>2</sup>. El ladrillo macizo tiene una resistencia media

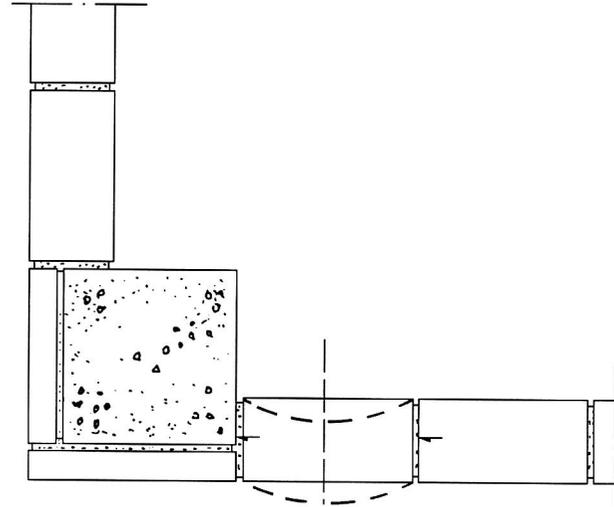


4.

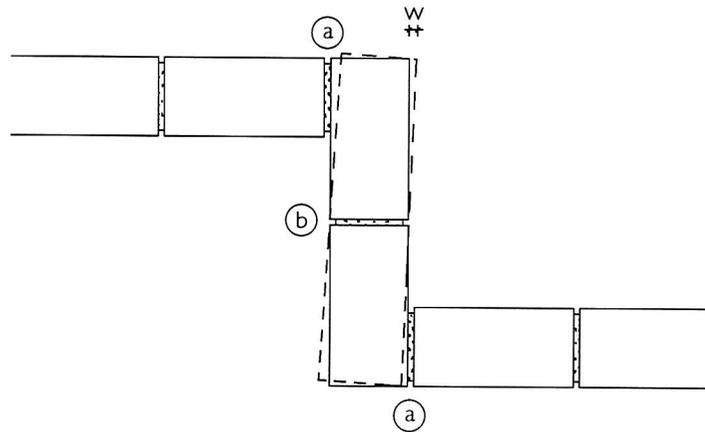
a compresión de 150 Kp/cm<sup>2</sup>, pudiendo variar de 50 a 400, según sea un ladrillo mediocre o uno de primera calidad según G. Blechère. La resistencia a compresión del ladrillo hueco varía de 25 a 80 Kp/cm<sup>2</sup>.

La fisuración se produce porque existe una coacción que impide la libre dilatación del ladrillo (figuras 2 y 3). ¿Dónde se manifiestan estas fisuras? En general en las esquinas del edificio, donde la dilatación de la fábrica de ladrillo de una de las fachadas, coartada por la otra fachada, provoca una grieta en el lugar de menor resistencia que, normalmente son las esquinas de las fachadas del edificio, coincidiendo con el espesor de la hoja exterior. La fisuración es prácticamente vertical rompiendo ladrillos y tendeles y se manifiesta en toda la altura de la fachada (figura 4). Además si en la esquina existe un pilar o cualquier otro elemento resistente que coarte la dilatación de la fábrica, la fisuración se produce en los ladrillos colindantes con estos elementos. (figura 5).

Otro lugar donde se manifiesta esta patología es en los retranqueos de los cerramientos, y se produce por la dilatación de las dos fachadas de ladrillo que al estar unidas por el



5.



6.

muro perpendicular a ambas, producen una rotación que crea unas tensiones de rotura en la fábrica, que la fisura por el punto más débil, en "a" o en "b" de la figura 6. Cuando los vuelos son importantes, superiores a los 70 cm, la distorsión angular,  $\alpha = w/70$ , es lo suficientemente pequeña para que no se produzcan fisuras.

El caso de las figuras 7, 8 y 9, es un ejemplo en el que la dilatación de la fábrica está coaccionada por un pilar de hormigón unido rígidamente a la fábrica con un perfil de aluminio. La fuerza que se origina por la dilatación de la fábrica de ladrillo, considerándola por cm de altura, es:

$$F = 100 \times 10^{-5} \times 1.4 \times 10^5 = 1610 \text{ Kp}$$

siendo:

$$\epsilon = 100 \times 10^{-5} \text{ y } E = 1.4 \times 10^5$$

El momento flector originado es:



7.

$$M = 1610 \times 12 = 19320 \text{ cm} \times \text{Kp}$$

La tensión

$$\sigma = M/W = 19320 \times 6 / 12^2 \times 1 = 805 \text{ Kp/cm}^2$$

Este valor puede ser menor si se considera el momento desde el borde del elemento que coacciona. En ambos casos, se produce la rotura.

Si la coacción que existe entre el pilar y la fábrica, el perfil de aluminio, se deforma algo, la tensión disminuye.

Si no existe coacción junta sin relleno y la fábrica se dilata libremente y no se produce tensión alguna.

Si la junta se rellena con poliestireno expandido, la coacción es casi nula, se produce una pequeña tensión, pero no hay rotura.

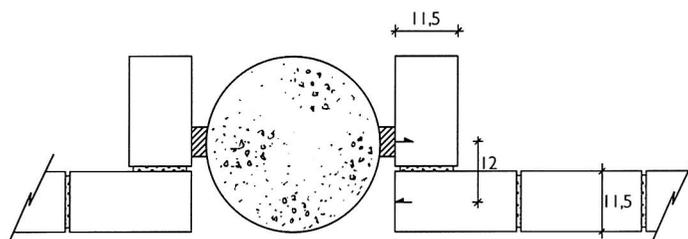
Si se rellena con un mortero malo de bajo módulo de elasticidad, se deformará algo, la coacción será débil y posiblemente no haya rotura.

#### EVOLUCIÓN DE LAS LESIONES Y REPARACIÓN

Las fisuras debidas a la dilatación irreversible aparecen en



8.



9.

los primeros meses de vida útil del edificio e incluso antes de que se acabe el edificio. Una vez producidas, no se aprecia, en general, un agravamiento de los daños.

Puede ocurrir que la fábrica, por efecto de estas dilataciones irreversibles, quede sometida a un esfuerzo muy próximo al de rotura, y al cabo del tiempo, una variación dimensional pequeña debida a una acción higrotérmica o por un fenómeno de fluencia, se produzca la fisura.

Al tratarse de fisuras que se estabilizan al cabo del tiempo, la solución pasa por repararlas para que no sean vías de entrada de humedad y para solventar el aspecto estético de la fachada.

La reparación consiste en sustituir los ladrillos afectados por otros del mismo tipo con más de seis meses de vida. Otra solución que suele emplearse es la de rellenar las fisuras con un mortero impermeable y elástico de baja retracción o realizar una inyección de polímeros a presión ya que las fisuras son de pequeño espesor y el producto tiene que penetrar en ellas. Sin embargo, no se soluciona la deficiencia estética de la fachada ya que los ladrillos están fisurados alternativamente y el relleno es difícil de ejecutar sin poner



10.

en evidencia el defecto (figura 10).

#### CONCLUSIONES

- Las dilataciones irreversibles que experimentan algunos ladrillos en los primeros meses desde que salen del horno, pueden producir fisuras verticales continuas en aquellos puntos donde se coarta esta dilatación.
- Se evitan utilizando en la ejecución de las fábricas, ladrillos con más de seis meses de vida y estableciendo juntas que no coarten la tumidez
- No todos los materiales cerámicos experimentan esta dilatación potencial; depende entre otros factores, de la composición de la arcilla y de la temperatura de cocción. Conviene pedir información al fabricante sobre la posible dilatación de los ladrillos que va a suministrar.
- Pueden actuar simultáneamente variaciones dimensionales irreversibles y reversibles. Estas últimas debidas a los cambios de temperatura y humedad.
- Este tipo de fisuras no tiene incidencia en la estabilidad estructural del cerramiento ya que la dilatación se estabiliza al cabo de los seis meses, pero sí influye en el aspecto estético, produciendo reclamaciones de los usuarios de los edificios.

#### BIBLIOGRAFIA

- "Saber construir: Habitabilidad. Durabilidad. Economía de los edificios". Gerard Blechère. Ed. E.T.A. 1978.
- "Patología de la Construcción. La Obra de Fábrica". F. Ortega Andrade. Ed. EDITANSA. 1983.
- "Patología y Reparación de Cerramientos de Fachada". Ana Sánchez-Ostiz Gutierrez. Ed. V Master de Edificación. ETSAUN 1996.