

EFLORESCENCIA DE LADRILLOS CERAMICOS COMUNES

TRAVERSA, L. P. (*), IASI, R. (**), FLOSI, P.M. (*) Y PÉREZ, R. (***)*

RESUMEN

En la superficie expuesta de ladrillos cerámicos comunes pueden aparecer luego de ciclos de mojado y secado, depósitos blanquecinos originados en la lixiviación de sales contenidas en los mismos. En este trabajo se informan experiencias realizadas para evaluar los condicionantes del proceso de lixiviación, en particular los vínculos con las características del material.

INTRODUCCIÓN

El LEMIT, ha iniciado en los últimos años estudios e investigaciones vinculados con la rehabilitación del patrimonio arquitectónico, en particular del construido en el territorio de la Provincia de Buenos Aires. En este sentido debe mencionarse que gran parte de las citadas construcciones han sido ejecutadas con ladrillos cerámicos comunes, obtenidos por cocción de tierras arcillosas de características apropiadas, sometidos previamente a procesos de humedecimiento, moldeado a mano y secado.

El proceso de lixiviación de sales puede considerarse conjuntamente con el deterioro superficial como una de las patologías que más afecta la estética de las construcciones realizadas con ladrillos a la vista.

En la superficie de los ladrillos expuestos al aire pueden aparecer manchas y depósitos de color blanquecino cuya magnitud depende fuertemente de la calidad del material y de las condiciones higrométricas del ambiente en el cual se hallan expuestos. En edificaciones de más de 50 años de construidas se han detectado proceso de lixiviación, luego de tratamientos superficiales de los muros en particular cuando han sido limpiadas las superficies de los ladrillos con técnicas de hidrolavado con carga de arena o altas presiones.

En este trabajo se informan estudios realizados sobre ladrillos cerámicos procedentes de distintas regiones del país y se comparan los resultados con los obtenidos sobre muestras correspondientes a edificios construidos con edades mayores a 60 años. Estas últimas muestras fueron obtenidas en construcciones del área de la ciudad de La Plata y deben corresponder a ladrillos fabricados en zonas aledañas.

* (*) CIC-LEMIT

(**) CIC-CIDEPINT

(***) CONICET-CIDEPINT

CONSIDERACIONES GENERALES

Los materiales cerámicos en general y los ladrillos en particular se obtienen por cocción de pastas de tierras arcillosas a las que se le incorpora materiales orgánicos varios además de los que provee la tierra los que se destruyen durante su cocción confiriéndole al material una alta porosidad. El material arcilloso en general es bastante complejo e indefinido y químicamente responde a un silicoaluminato hidratado cuya partículas tienen un tamaño máximo de orden de 5 micrones y sus propiedades dependen muy especialmente de las partículas de tamaño inferior a 2 micrones.

Estas partículas presentan una morfología laminar y escamosa que le confiere a la arcilla propiedades de plasticidad por el agregado de agua. Durante la cocción ocurren diferentes cambios de las propiedades físicas y químicas directamente relacionadas con la variación de la temperatura, cambio de volumen, fenómenos de contracción y combinación química de los componentes de la pasta arcillosa. A los 400 °C se elimina del material la humedad y se queman los residuos orgánicos, de los 400 a los 600 °C se desprende el agua químicamente combinada o estructural, se descompone la arcilla en óxidos, cesando la dilatación e iniciando una contracción de volumen, de 600 a 900 °C se forma metacaolín tendiendo a formar alúmina muy higroscópica, por encima de 1000 °C se produce la cristalización en agujas muy finas y a 1780 °C se produce la fusión.

De lo expuesto se deduce que la temperatura de cocción del ladrillo es un parámetro fundamental a tener en cuenta para obtener productos de calidad, ya que la formación de compuestos estables en el ladrillo terminado es un factor preponderante. La cocción a temperaturas por debajo de 1000 °C, hace que los productos formados reaccionen con el agua, generando compuestos lábiles que desmerecen la calidad..

ESTUDIOS TECNOLOGICOS

Los estudios de muestras de ladrillos cerámicos comunes, realizados siguiendo los lineamientos de la normativa argentina vigente, incluyen ensayos físicos, mecánicos y químicos. También, se presentan análisis químicos realizados sobre los depósitos blanquecinos (eflorescencia) que aparecen sobre las caras de los ladrillos cuando los mismos quedan expuestos en un ambiente que permite la lixiviación de algunos productos que participan en la composición de la materia prima.

Muestras evaluadas: Las muestras evaluadas corresponden a ladrillos cerámicos comunes, sin uso, de distintas procedencias, por lo cual la materia prima utilizada puede presentar características diferentes, ya que se trata de tierra arcillosa obtenida en las proximidades de las plantas elaboradoras y la tecnología de ejecución, también puede tener variantes en lo relativo a los procesos de amasado, secado y/o cocción. En la Tabla 1 se informa la procedencia, edad y las dimensiones de los ladrillos.

Características físicomecánicas: Se determinaron las características estipuladas para la calificación del producto (resistencia a compresión y a flexión y absorción de agua en frío por inmersión durante 24 hs). En la Tabla 2 se informan los valores característicos para un nivel de significación estadístico de 90% (X_k) y los coeficientes de dispersión (δ).

Presencia de sales lixiviables: Sobre muestras obtenidas por trituración de los ladrillos (aproximadamente 500 gr.) se realizaron determinaciones químicas para verificar los porcentajes presentes de aquellas sales que podrían ser “a priori” las más fácilmente lixiviables en procesos de mojado y secado. En la Tabla 3, se reproducen los contenidos de Sulfato (totales y solubles) y los contenidos solubles de Cloruro, Calcio, Magnesio y Sodio. En ninguna de las muestras se evidencia la presencia de Potasio soluble.

Tabla 1: Procedencia y dimensiones de los ladrillos en estudio

Ident.	Procedencia	Edad	Dimensiones (cm)		
			A	B	L
A	Córdoba	Nuevos	5.0	10.5	24.0
B	Mar del Plata	Nuevos	5.0	11.0	23.0
E	Chacabuco	Nuevos	5.3	11.1	23.6
F	Chivilcoy	Nuevos	5.1	11.0	23.5
C	La Plata	Nuevos	5.0	10.5	23.0
D	La Plata	Nuevos	5.3	11.5	26.0
G	La Plata	60 años	5.0	13.0	27.5
H	La Plata	80 años	5.5	13.0	25.0

Tabla 2: Características físicas y mecánicas

Ident.	Absorción de agua (%)		Resistencia de rotura a (MPa)			
			Compresión		Flexión	
	Xk	δ	Xk	δ	Xk	δ
A	22.4	1.5	8.6	13.5	1.9	8.5
B	15.3	6.8	6.3	15.5	1.7	23.4
C	12.8	9.6	15.9	8.6	2.1	24.5
D	12.5	21.0	4.2	31.8	1.1	28.6
E	21.9	5.5	8.0	12.5	1.3	15.0
F	18.3	8.2	10.2	10.2	3.2	14.3
G	14.1	5.0	14.5	5.1	2.1	6.5
H	5.15	17.8	17.2	3.2	5.4	1.1

Tabla 3: Contenido de Sulfato, Cloruro, Sodio, Calcio y Magnesio en ladrillos

Ident.	Sulfato en SO ₃ (%)		Cloruro en Cl ⁻ (%)	Sodio en Na ⁺ (%)	Calcio en Ca ⁺⁺ (%)	Magnesio en Mg ⁺⁺ (%)
	Totales	Solubles				
A	0.033	0.014	0.004	0.007	0.003	0.0006
B	0.016	0.014	0.003	0.007	0.003	0.0006
C	0.038	0.033	0.004	0.012	0.006	0.0012
D	0.016	0.014	0.003	0.015	0.005	0.0009
G	0.012	0.011	0.006	0.021	0.004	0.0007
H	0.013	0.013	0.004	0.024	0.003	0.0006

Análisis de tamaño y volumen de poros: Mediante porosimetría de mercurio se realizaron estudios sobre muestras de ladrillos que tenían comportamientos diferenciados respecto al proceso de eflorescencia, los resultados obtenidos se indican en la Tabla 7. En la Figura 1 se incluyen los gráficos correspondientes a las determinaciones realizadas.

Eflorescencia. Para verificar el proceso de eflorescencia, los ladrillos fueron sometidos al ensayo especificado en la Norma IRAM 12590 (ver Tabla 4).

Análisis químico de eflorescencias: Sobre el material eflorescente, (muestra C), se realizó el análisis químico superficial espectrométrico EDAX, (la profundidad de evaluación mediante la sonda, es del orden de 0.1 a 1.0 micrómetros) obteniéndose los resultados que se informan en la Tabla 5. Comparativamente se incluyen datos obtenidos mediante la misma técnica en una superficie próxima del ladrillo en la cual no se visualiza la presencia de material eflorescente. Según la composición porcentual de los elementos identificados en el material eflorescido, el mismo puede ser identificado como la sal de sulfato de sodio (Thenardite).

Complementariamente, se realizó un análisis químico al material eflorescente extraído mediante raspado de la superficie con la ayuda de un pincel de manera de extraer la menor proporción del ladrillo base. Este material corresponde a sales de reciente lixiviación. Los resultados del análisis químicos se muestra en la Tabla 6.

El análisis químico del material revela la presencia de sulfato de sodio (Thenardite) y además otros componentes constitutivos del ladrillo tales como sílice y aluminio fundamentalmente, que fueron arrastrados del sustrato (ladrillo) conjuntamente con el material eflorescente.

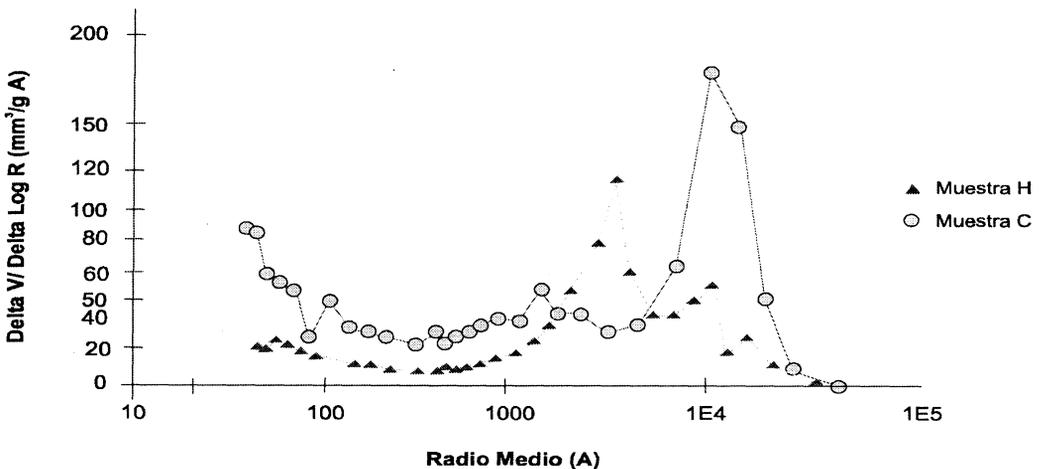


Figura 1: Evaluación comparativa del tamaño y volumen de poros.

Tabla 4: Calificación de los ladrillos según el ensayo de eflorescencia.

Identificación	Calificación		
	Eflorescido	Débilmente Eflorescido	No Eflorescido
A			X
B			X
C		X	
D			X
E	X		
F	X		
G			X
H			X

Tabla 5: Análisis químico superficial espectrométrico

Componentes	Evaluación en superficies con	
	Eflorescencia	Sin eflorescencia
Sodio en Na (%)	32.36	1.78
Magnesio en Mg (%)	1.68	---
Aluminio en Al (%)	6.60	6.02
Silicio en Si (%)	19.36	88.24
Azufre en S (%)	27.27	---
Calcio en Ca (%)	9.08	1.50

Tabla 6: Análisis químico del material eflorescente

Sales	Contenido (%)
Sulfato, en SO ₃ %	26.70
Sílice, en SiO ₂ %	19.36
Aluminio, en Al ₂ O ₃ %	6.87
Calcio, en CaO %	8.80
Sodio, en Na ₂ O %	31.50
Magnesio, en MgO %	0.60
Potasio, en K ₂ O %	0.07
Pérdida de calcinación %	6.10

Tabla 7: Tamaño y volumen de poros

Identificación de la muestra	Radio medio de poros (Å)	Volumen de poros (mm ³ /g)
C	10.000	160
H	3.000	90

Difracción de Rayos X en eflorescencias: Se caracterizaron mediante difracción de Rayos X la composición mineralógica del material eflorescente comparativamente con la del ladrillo. Los espectrogramas obtenidos sobre el material confirman la presencia de Thenardite y de algunas impurezas de cuarzo, feldespato y vestigios de illita, provenientes del material constitutivo del ladrillo. El estudio realizado en el ladrillo muestra únicamente la presencia de cuarzo y feldespato. Los espectrogramas de Rayos X se muestran en las Figuras 2 y 3.

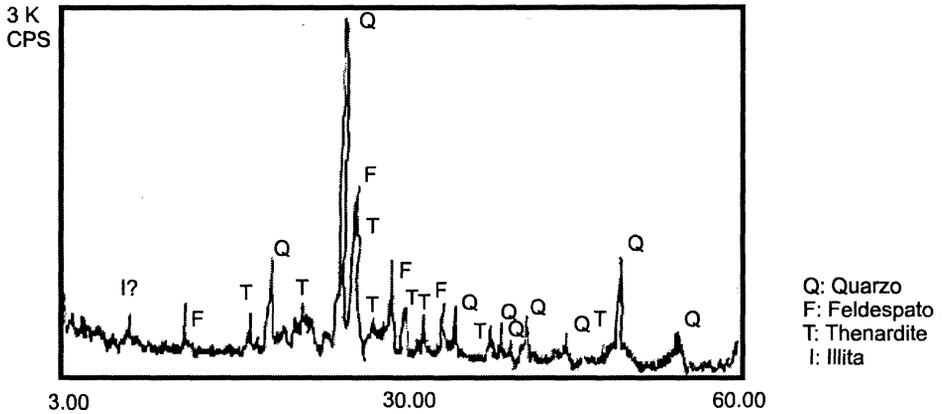


Figura 2. Espectrograma de rayos X. Muestra de eflorescencia.

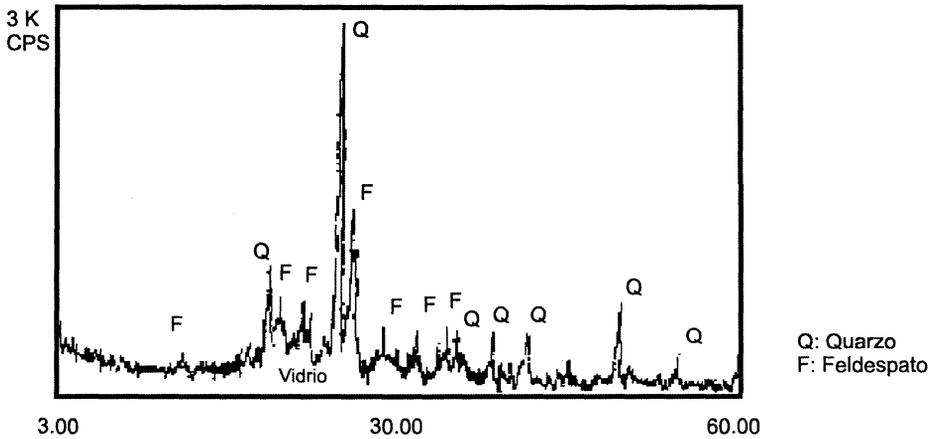


Figura 3. Espectrograma de rayos X. Muestra de ladrillo.

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Los estudios realizados confirman la existencia en el mercado de ladrillos cerámicos comunes de diferentes calidades, vinculadas fuertemente con las características de la materia prima empleada en su elaboración y con la técnica de elaboración utilizada en su ejecución. El rango de variación de resistencia entre ladrillos de distintas procedencias (o el de absorción de agua), que puede tomarse como índice primario de su calidad, es extremadamente elevado.

La situación antes mencionada también es crítica cuando se analizan las partidas de un mismo proveedor, ya que la dispersión entre resultados de distintas piezas es elevada, llegando a valores superiores al 30% para la resistencia a compresión.

Con respecto a los ladrillos de antigua data, una de las muestras evaluada (muestra H) ha tenido un comportamiento diferenciado del resto, con valores muy bajos de absorción. El volumen de poros determinado también es comparativamente menor, lo cual debe estar vinculado con la materia prima y la técnica constructiva empleada, en particular debe estar fuertemente vinculado con el proceso de cocción.

El análisis químico realizado sobre las muestras de ladrillos indica que el contenido de sulfatos totales es variable, desde 0.012 a 0.038% mientras que los solubles, también, varían en un rango similar, pero no guardan una relación proporcional que el contenido total. Este hecho puede ser atribuido a la distribución no uniforme de los mismos en la masa de los ladrillos. Con respecto a la presencia de sodio soluble, puede hacerse un análisis similar, ya que el porcentual del mismo varía sensiblemente.

Los porcentajes de los otros componentes evaluados (Cloruros, Calcio y Magnesio) son similares en todas las muestras. El análisis espectrométrico por EDAX del material depositado superficialmente, evidencia la presencia de sulfato de sodio (Thenardite).

Los ladrillos con altos contenidos de sulfatos solubles han tenido el comportamiento más desfavorable en el ensayo de eflorescencia. A la situación comentada, se une un elevado volumen de poros y un mayor diámetro de los mismos.

Estudios comparativos entre ladrillos nuevos y otros de antigua data, dentro de una misma región, muestran la presencia de contenidos diferenciales de sales en su masa y comportamientos distintos desde el punto de vista físico-mecánico. Esta situación origina un comportamiento diferenciado respecto a los procesos de circulación de agua en la estructura del ladrillo y consecuentemente en la lixiviación de algunos compuestos.

CONSIDERACIONES FINALES

Para que el proceso de lixiviación de las sales contenidas en los ladrillos cerámicos comunes empleados en la construcción de los muros, se materialice, es necesario la existencia del agente lixivante (agua). Por lo expuesto, la única forma de detener o disminuir el proceso es evitar o restringir al máximo la circulación de agua en el material

lo cual puede lograrse empleando ladrillos de características adecuadas respecto al volumen y tamaño de poros y/o por diseño arquitectónico.

La lixiviación de las sales solubles contenidas en los ladrillos, es un proceso cuya cinética debe considerarse asintótica respecto al tiempo, dependiendo su desarrollo de las condiciones higrométricas del medio ambiente en particular de los ciclos de mojado y secado. Puede plantearse, que el proceso de lixiviación en determinadas condiciones tendrá un desarrollo significativo en las primeras edades y que con posterioridad el mismo irá disminuyendo en magnitud, siendo cada vez menor el volumen de sales que se depositan en la superficie de los ladrillos.

Resulta aconsejable, si los plazos de ejecución de las obras lo permiten, esperar antes de emplear los ladrillos que el proceso de lixiviación se desarrolle en su mayor magnitud. El citado proceso puede ser acelerado mediante el mojado reiterado de las superficies expuestas de los ladrillos. Una vez producida la eflorescencia, la misma puede ser retirada mediante cepillado o lavado enérgico con agua, pudiéndose emplear si fuera necesario ácido clorhídrico al 10%, con un lavado intensivo posterior para eliminar el excedente de ácido.

Cuando el proceso de lixiviación de las sales continúa o se inicia en muros contruidos luego de ser restaurados para su puesta en valor en estructuras de interés arquitectónico, puede emplearse, como alternativa tecnológica, el pintado de las superficies expuestas con productos de reconocida calidad, que deben ser colocado cuando el muro halla alcanzado su equilibrio higrométrico con el medio ambiente, preferentemente luego de un largo período de exposición en condiciones ambientales de alta temperatura y baja humedad, que permita que la mayor parte del agua contenida en el interior de los ladrillos se evapore.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un Proyecto de Investigación financiado con subsidios otorgados por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Moreno Franco. "Técnica de la construcción con ladrillo". Ediciones CEAC, Barcelona, España.
- (2) Norma IRAM 12590 " Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros. Métodos de determinación de la eflorescencia".
- (3) Norma IRAM 12586 " Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros. Método de ensayo de resistencia a la compresión".
- (4) Norma IRAN 12518 " Ladrillos cerámicos comunes".