

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

634-18 EFLORESCENCIAS.

(Rapport présenté à la Sous-Commission "EFFLORESCENCES" par l'Association Suisse des Fabricants de Briques et Tuiles).

De: "L'INDUSTRIE CERAMIQUE", nº 452, abril 1954, pág. 102.

El estudio de la aparición de eflorescencias comprende como puntos esenciales:

1. Estudio de la composición de las materias primas.
2. Determinación cualitativa y cuantitativa de las sales del agua de amasado.
3. Estudio de las modificaciones causadas por la colocación de las primeras materias en el pudridero.
4. Estudio del proceso de secado (cantidad de agua en los ladrillos crudos; composición de los gases de chimenea, principalmente en cuanto a  $SO_2$  y  $SO_3$ ; velocidad de los gases de chimenea; punto de rocío de los gases de chimenea; disposición de las piezas en el horno; temperatura en las cámaras de secado).
5. Estudio del proceso de cocción (contenido en azufre del carbón; tipo de atmósfera en el horno; temperatura de cocción de acabado; duración del tratamiento térmico).
6. Estudio del almacenamiento.

Cuando aparecen eflorescencias conviene determinar la cantidad, composición y solubilidad de las sales eflorescentes.

Como las eflorescencias no se manifiestan más que en presencia de agua, es necesario determinar, en la medida posible: la humedad de la construcción; la influencia del agua meteorológica; la aparición del agua de condensación; la calidad de agua que, procedente del terreno de construcción, sube por capilaridad; - la cantidad de agua que penetra por el tejado. Además es interesante estudiar los deterioros producidos (decoloraciones, desconchamientos, etc.).

De acuerdo con este programa se han realizado numerosas investigaciones, entre las que podemos citar las llevadas a cabo por Stutz, Simon y Vetter. A continuación nos limitaremos a exponer los detalles principales de estas investigaciones.

Las sales eflorescentes de los ladrillos, incluso de los ladrillos calcáreos, son principalmente sulfato magnésico y sulfatos sódicos, fácilmente solubles. Simon ha demostrado que los sulfatos de magnesio, de sodio y de potasio, en presencia de cal, se transforman, a altas temperaturas, en sulfato cálcico. De acuerdo con esto, y según los ensayos realizados por Stutz, se comprueba que en los ladrillos calcáreos, después de la cocción, sólo se encuentra sulfato cálcico, poco peligroso. Los resultados quedan indicados en el cuadro.

Se observa en él que ha tenido lugar una fuerte absorción de anhídrido sulfuroso. Al mismo tiempo el anhídrido sulfúrico se ha combinado en proporción notable con el CaO, habiendo disminuído los otros sulfatos. Por otra parte, Simon y Vetter han demostrado que un depósito de sulfato cálcico, silicato magnésico y óxido magnésico, sólidos, sumergido en agua, sufre, después de un cierto tiempo, una transformación en sulfato magnésico. Este mismo ensayo se repitió con polvo de ladrillo; los resultados obtenidos aparecen en el cuadro. Parece deducirse de -

SO<sub>3</sub> Y CaO SOLUBLES DE PROBETAS DE LADRILLOS COCIDOS CON Y SIN ADICION DE Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Y DE MgSO<sub>4</sub> A LA ARCILLA CALCAREA DE LADRILLERIA.

	Sin adición	Con adición de				
		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		MgSO <sub>4</sub>		
% de SO <sub>3</sub> en la arcilla sin pérdida al fuego.	0.033 0.028	0.078	0.128	0.033	0.078	0.128
% de SO <sub>3</sub> en el ladrillo cocido	0.201 0.160	0.233	0.261	0.149	0.217	0.236
% de CaO soluble en el ladrillo cocido.	0.134 0.112	0.129	0.146	0.098	0.148	0.146
% de SO <sub>3</sub> soluble, no combinado con el yeso de los ladrillos	0.008 0.009	0.017	0.028	0.008	0.005	0.026
Eflorescencias	nada.	débiles		débiles		

dichos resultados que la reacción no ha tenido lugar. Parece, - además, tanto más improbable cuanto que jamás se han señalado fenómenos de fuerte corrosión sobre canalizaciones de drenaje, en tierra cocida, introducidas en suelos cuyo agua contiene yeso. La aparición de sulfato magnésico debe, pues, explicarse de otra forma. Existe la posibilidad de que el sulfato magnésico y el sódico no se descompongan, incluso a temperaturas elevadas, cuando su disociación se produce en una atmósfera fuertemente - concentrada de SO<sub>2</sub> o de SO<sub>3</sub> y que, por consiguiente, su transformación en sulfato cálcico quede impedida o pierda importancia. Una atmósfera de anhídrido sulfuroso podría aparecer en la descomposición de sulfuro de hierro (piritas, marcasitas), que se encuentra frecuentemente en las arcillas. Los ensayos reali-

zados, con adiciones de sulfuros a la mezcla destinada para la preparación de ladrillos, demuestran que la aparición de eflorescencias depende de la granulometría de los sulfuros.

CANTIDAD Y ANALISIS DE LAS SALES QUE SE ENCUENTRAN EN EL EXTRACTO DE POLVO DE LADRILLO MEZCLADO CON AGUA Y SOLUCION DE YESO.

	Polvo de ladrillo en el agua desti- lada	Polvo de ladrillo en una solución - de yeso
Sales disueltas (grs) en 100 cm <sup>3</sup>	0,0654	0,2424
% de agua	18,33	20,78
% de SO <sub>3</sub>	48,18	46,62
% de CaO	32,57	32,39
% de MgO	0,61	0,08
% de Na <sub>2</sub> O (diferencia)	0,31	0,31

De acuerdo con lo que precede, parece que la causa de formación de sulfatos fácilmente solubles y nocivos de magnesio y de potasio, durante la cocción, debe atribuirse principalmente a los sulfuros existentes en las arcillas, cuando el SO<sub>2</sub> no puede desprenderse libremente, con lo que la disociación y descomposición de los sulfatos queda retardada.

Las observaciones siguientes tienden igualmente a probar que las inclusiones de piritas y los gases sulfurosos, que de ellas se desprenden, son los responsables de la formación de sulfatos fácilmente solubles en la masa del ladrillo:

1. La zona de formación de las sales parece generalmente situarse en el interior de los ladrillos y tener una extensión más o menos pronunciada. Su formación no es en este caso imputable a los gases sulfurados del ambiente del horno.
2. Frecuentemente, ladrillos aislados de una serie de producción presentan fuertes eflorescencias, mientras que el resto de los ladrillos está exento de las mismas.
3. La regulación estrecha de los molinos de refino y el amasado cuidadoso de las arcillas que resultan disminuyen el peligro de las eflorescencias.
4. Disponiendo las probetas de una forma más espaciada, aumentando el tiro y disminuyendo el espesor de las piezas, las eflorescencias son más débiles.

En los últimos tiempos se ha procedido, a un estudio de los medios más adecuados para eliminar las eflorescencias. Los medios empleados son (examinando en cada caso simultáneamente la capacidad de absorción de la superficie de los ladrillos tratados, pues, para asegurar un recubrimiento posterior perfecto, el tratamiento no debe perjudicar dicha superficie):

- a) una solución al 0,2% de hidróxido bórico en agua.
- b) una solución al 5% de acetato bórico con adición de hidróxido bórico, en agua.
- c) una emulsión de grasa al 5%.
- d) una solución al 1% de jabón de sosa.

De los ensayos realizados se deduce que los resultados más favorables se obtienen con el tratamiento con jabón de sosa. Por esta razón, los ensayos posteriores para determinar su aplicación técnica, han sido realizados exclusivamente por este método.

Por el tratamiento con solución de jabón de sosa, según las prescripciones adecuadas, es posible, en la práctica, - evitar completamente la formación de eflorescencias de sulfatos sobre las obras de albañilería, sin causar perjuicios sobre la prosecución de los trabajos de construcción o sobre el aspecto de la obra. El método no es tóxico y no presenta ningún peligro para los otros materiales de construcción. El tratamiento es sencillo y poco costoso y puede ser emprendido en cualquier momento sobre la obra.

A título de información suplementaria, reproducimos una tabla en la que se tienen en cuenta, entre otros puntos, - los siguientes: origen de las sales eflorescentes y zona de - formación de las eflorescencias; proceso de formación y naturaleza de las sales eflorescentes; factores que pueden tener influencia sobre la formación de eflorescencias; formas de determinar, cualitativa y cuantitativamente, las sales eflorescentes. S.F.S.

- - -

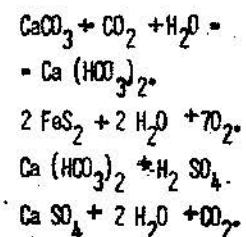
CUADRO RELATIVO A LAS EFLDRESCENCIAS, ESTABLECIDO POR EL BUREAU TECHNIQUE DE L.A.S.F.B.I.

Origen de las sustancias eflorescentes y zona de formación de las eflorescencias.	Proceso de formación y naturaleza de las sales eflorescentes y minerales (sentido estricto) que pueden dar lugar a eflorescencias.	Principales factores que pueden influir sobre la formación de las eflorescencias, primarias y secundarias.	Procedimientos de determinación, cualitativa y cuantitativa, de las eflorescencias.
<u>EN LAS MATERIAS PRIMAS.</u>			<u>EXTRACCION.</u>
-en las arcillas ífticas, principalmente margosas, de origen marino o lacustre.	<p>a) insolubles.  <math>\text{FeS}_2</math> (pirita-marca sita)  <math>\text{FeS} \cdot \text{H}_2\text{O}</math> (hidrotroilita),</p> <p>b) solubles en ácido.  <math>\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>c) solubles en agua.  <math>\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}</math>  <math>\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}</math>  <math>\text{K}_2\text{SO}_4</math></p>		<p>sobre tierra cruda. } digestión  maceración.</p> <p>sobre arcilla calcina da (500-800°) } Percolación aparato de Soxhlet. imbibición</p>
-en las arenas arcillosas magras.	residuos de yeso, principalmente, y compuestos piritosos.		<p>Análisis químicos clásicos.  Examen petrográfico y recristalización.  Microanálisis.  Método espectrográfico.  Fotómetro de llama.  r.u.v.  r.X.</p>
-en el agua de amasado.	$\text{CaSO}_4$		

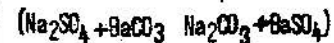
## EN EL ENSILADO

por adición de desengra-  
santes en el agua de im-  
bibición.

en el pudridero, por  
oxidación de los sul-  
furos y bicarbonatos.



Duración del pudriamiento y porcen-  
taje del agua de imbibición.  
Adición de  $\text{BaCO}_3$  o  $\text{BaCl}_2$ .



De la falta de homogeneidad o de  
la intensidad de la reacción es-  
perada, procedimiento bastante  
poco satisfactorio. Un exceso de  
 $\text{BaCl}_2$  da a su vez eflorescencias.  
Adición de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  que favorece la  
disociación ulterior de la piritita  
a baja temperatura (350-400°).  
Adición de arena fina para apresu-  
rar la silicatización del  $\text{Na}_2\text{SO}_3$   
obtenido por cocción reductora.  
Adiciones de cok metalúrgico, de  
finos flotados, de serrín de made-  
ra, para favorecer una cocción óxi-  
do-reductora homogénea en todos  
los puntos. Util también en vista  
de la eliminación de las eflorescen-  
cias carbonatadas, por recarbonata-  
ción de la cal en el curso de la  
cocción. Idea, pero con eliminación  
de la cal por adición de  $\text{CaCl}_2$  (pro-  
cedimiento Spitta).

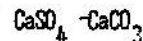
Factores susceptibles de modificar  
el resultado: de las determinacio-  
nes efectuadas sobre tierra cruda.  
Porcentaje de la fracción granulo-  
métrica, denominada coloidal.  
Absorción.  
Grado de dispersión y superficie -  
específica.



### EN EL SECADO

-por simple cristalización, en superficie, de sales primarias.

-por condensación en contacto de los humos del horno.



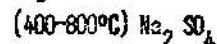
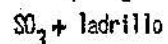
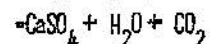
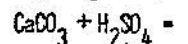
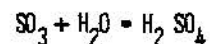
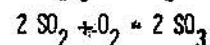
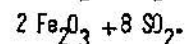
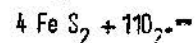
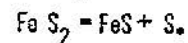
Porcentaje de agua de hidratación.  
Porosidad y capilaridad.  
Velocidad de secado.

Falta de adherencia de la película colorante.

### EN LA COCCION

-a baja temperatura, por condensación, en contacto de los humos del horno (blanco de horno)

-por fijación ulterior de  $\text{SO}_3$  (400-800°).



Efecto cronotérmico. A partir del anhídrido sulfuroso de los combust. (0-5%) y de la disociación de los compuestos pirit. se forman sulfatos, de preferencia alcalinos, subsidiariamente  $\text{CaSO}_4$ . Cocción con o sin precalentamiento, grado de desecación de los productos (humedad residual), composición mineralógica (grado de finura del cuarzo y de la calcita, presencia de impurezas de feldespatos, piritas, etc. ...). Por la combustión (250°) de una disolución de cola en la cual se ha fijado una parte de las sales solubles (sistema Perkiwicz). Manchas (Anfärbungen) y eflorescencias debidas a la fijación ulterior de  $\text{SO}_3$  disminuidas por aplicación sobre productos secos de Terra-Sigillata. A causa de las reacciones reversibles la acción de  $\text{BaCO}_3$  es parcialmente neutralizada.

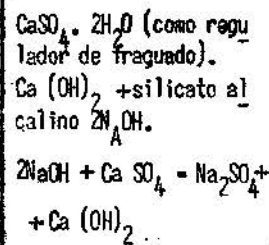
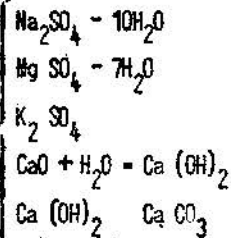
DESPUES DE LA COCCION

-sobre el lugar de alma cenamiento, a consecuencia de aires de almacenamiento impropios.

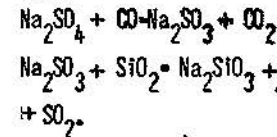
-durante la puesta en obras:

a) a consecuencia de la presencia de sales solubles que pueden ser atribuidas únicamente a la tierra cocida.

b) por absorción de impurezas presentes en los morteros, o reacción entre ciertos constituyentes de estos últimos y el ladrillo.



Fijación ulterior de SO<sub>2</sub> disminuida, por disociación avanzada de la pirrita.



CaO + CO<sub>2</sub> = Ca CO<sub>3</sub>  
Correlativamente a la adición de CaCl<sub>2</sub> acción catalítica de HCl y formación de wollastonita.

Los ladrillos y las tejas son grises, de manera uniforme (blanco de horno). Los ladrillos están manchados. Su color y especialmente el de los ladrillos de paramento no es ya uniforme. (Eflorescencias carbonatadas y sódicas principalmente).

Porosidad y capilaridad. Porcentaje del agua de imbibición. Velocidad de secado. Naturaleza del mortero (porcentaje del aglomerante). Naturaleza del aglomerante (CP-OH).

Desprendimiento de revestimientos y revoques. Manchas sobre aparejos sin revestir, falta de adherencia del mortero, desprendimiento y decoloración de los empapelados.

Durante la puesta en obra, los medios más usuales de prevención.

Secado suficiente y cepillado-revoque con hidrófugo.

Aplicación de pinturas petrificantes, aplicación de soluciones de jabón. Tratamiento con fluitos.

Utilización de silicinas.

Eliminación de las causas de condensación.