

CASO PRÁCTICO DE EFLORESCENCIAS EN FACHADA ¿COMO EVITARLAS?

**Ángel Rojano, Patricio Contreras ⁽¹⁾, Jose A. Estibález Catalán,
Jose Garcia Claramonte ⁽²⁾, Jesús Sánchez Blázquez ⁽³⁾**

⁽¹⁾ Kerakoll Ibérica,

⁽²⁾ Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Castellón.
Laboratorio Cerámico "S. Carpi"

⁽³⁾ Editecnos

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la ponencia es el estudio global del proceso de construcción de una fachada de revestimiento-anclaje mixto, sobre la que se ha manifestado una patología de aparición de manchas blancas en su cara vista. El estudio contempla por un lado el examen de la secuencia del aplacado de la fachada y por otro el análisis de todos los materiales implicados. El propósito final es determinar las causas que generaron la patología y establecer unas pautas que eviten en el futuro la aparición de este defecto en fachadas de similares características.

Durante los últimos años se ha observado un importante incremento en el número de sistemas de recubrimiento de fachada que incorporan material cerámico. Tanto la mejora de la calidad de los materiales como el desarrollo tecnológico de los distintos sistemas han favorecido este impulso.

Debido a este elevado número de posibilidades constructivas resulta cada vez más complejo establecer clasificaciones sobre tipos de fachadas cerámicas; no obstante, en un primer nivel, en función de la unión soporte-baldosa, se pueden diferenciar tres grupos principales:

1.1. Unión directa de la cerámica al soporte mediante adhesivo

Los adhesivos utilizados en esta técnica se basan en composiciones cementosas modificadas con proporciones elevadas de resinas que reaccionan químicamente. Con ello se genera una unión perfecta y duradera, con las ventajas de la composición cementosa (efecto mecánico) y sin los inconvenientes de una resina pura, más sensible a las condiciones climáticas a las que quedan expuestas las fachadas, especialmente temperatura y humedad. En fachadas de gran altura o para formatos grandes está desaconsejado su uso.

1.2. Unión mecánica entre cerámica y soporte

Aquí se incluye el grupo de las comúnmente conocidas como fachadas ventiladas. Existe una gran variedad de sistemas con distintas configuraciones. De modo genérico puede decirse que están constituidas por dos capas entre las que se genera una cámara a través de la cual el aire circula libremente propiciando la ventilación, aumentando la eficiencia energética y evitando condensaciones. También elimina los puentes térmicos directos entre la hoja exterior y protege contra la acción del agua de lluvia.

La capa interior es lo que constituye el soporte del tabique, asegura el aislamiento acústico, y la estanqueidad. La capa exterior tiene como funciones la recepción y transmisión de las cargas horizontales que recibe a la estructura interior, además dotar a la fachada de la componente estética determinada por el diseño y el formato de las piezas cerámicas. La unión entre ambas capas se produce mediante una subestructura metálica, con frecuencia de aluminio, cuya capacidad para ser extrudido y su ligereza lo convierte en el material ideal para cumplir esta

función. Entre el soporte y la subestructura, se coloca una capa de aislante térmico que se coloca de forma continua.

A menudo se propone una clasificación de las fachadas ventiladas atendiendo al tipo de anclaje con el que las piezas cerámicas quedan unidas a la subestructura metálica. Pueden distinguirse dos grupos en función de la estética del anclaje utilizado, concretamente de su visibilidad desde el exterior: Fachadas de anclaje visto y fachadas de anclaje oculto.

Dentro de cada uno de estos, existen diferentes configuraciones a elegir en función del tipo y formato de las piezas cerámicas y del aspecto estético que se desee dotar a la obra. Dado que las fachadas ventiladas no son el asunto principal de esta ponencia, a continuación se citan de forma resumida distintas opciones de construcción existentes en la actualidad

1.2.1. Anclaje Oculto

- Adhesivo lineal

Se utilizan adhesivos en obra para la unión de las baldosas cerámicas a la perfilera metálica. Suelen utilizarse combinaciones a fin de aumentar el rendimiento de colocación y la seguridad.

- Adhesivo puntual

Se realiza la unión en fábrica entre piezas cerámicas y anclajes metálicos. Esta unión se realiza mediante puntos discretos en las esquinas de las piezas cerámicas. Con posterioridad, en obra, este anclaje se une mecánicamente a la subestructura metálica.

- Grapa oculta deslizante

El dorso de las piezas cerámicas contiene dos líneas de hendiduras a lo largo de las cuales se introducen grapas contenidas en la subestructura metálica.

- Grapa en junta horizontal

Las grapas dispuestas en la perfilera metálica se insertan en espacios mecanizados o extrudidos de los bordes de las piezas cerámicas.

- Grapa oculta en junta vertical

En este caso, las grapas se introducen aprovechando las acanaladuras verticales en el dorso de la pieza, obtenidas por extrusión.

- Perfil ranurado en canto

Las piezas cerámicas poseen ranurados en los cantos superior e inferior (mecanizado o extrusión) y sobre estos, se disponen unos perfiles metálicos en forma de T unidos mecánicamente a la subestructura metálica.

- Perfil ranurado en reverso

Se realizan ranuras longitudinales en la parte posterior de la pieza en ángulo

de 45º En esta ranura se introduce en fábrica un perfil de aluminio. El conjunto se coloca posteriormente sobre la perfilería

- Perfil oculto adhesivado

Tiene bastante similitud con el anterior, ya que igualmente se unen en fábrica la pieza cerámica con un perfil. En este caso la unión es mediante adhesivo para evitar la mecanización de la pieza cerámica. La colocación sobre la subestructura metálica se realiza de modo similar al caso anterior.

1.2.2. Anclaje Visto

- Grapa vista

Las grapas se fijan en las cuatro esquinas de la pieza, siendo compartida cada una por cuatro piezas. Las grapas sirven de retención para las piezas inferiores y de apoyo y retención para las superiores.

- Perfil visto

En este caso, el propio perfil metálico aporta una componente estética importante en la composición. Las piezas quedan confinadas entre los perfiles por las alas que estos disponen a tal efecto.

- Taladro visto

Las piezas cerámicas se taladran y se atornillan a los perfiles metálicos en sus cuatro esquinas directamente desde el exterior.

1.3. Unión mixta adhesiva-mecánica

Se utilizan combinando los dos sistemas anteriores ya que utilizan adhesivos cementosos, pero reforzados a través de uniones mecánicas entre las piezas cerámicas y el soporte.

El proceso de ejecución de una fachada revestida de cerámica conlleva diferentes pasos. El abanico de posibilidades tanto en técnicas de colocación, número y tipología de las capas de la fachada y materiales (cerámicos, adhesivos, etc.) es enorme y se encuentra convenientemente descrito en distintas fuentes bibliográficas; por ello, en esta ponencia se describirá principalmente aquellos aspectos en los que pueda establecerse una relación con la patología detectada.

Antes de proceder a realizar el revestimiento de una fachada, hay que considerar varios elementos que son fundamentales:

1.4. El soporte

También conocido como hoja de cerramiento, es la superficie sobre la cual se realizará el aplacado. Normalmente en fachadas está compuesto de diversas capas, que se disponen consecutivamente a fin de aumentar el aislamiento. En ocasiones, la última capa externa se dispone a fin de optimizar la superficie para la posterior adhesión de las piezas cerámicas.

Los soportes más habituales son los de fábrica, de ladrillo o bloques, cerámicos o de hormigón, y los muros de hormigón "in situ" o contruidos con elementos prefabricados

A la hora de elegir el procedimiento de colocación más adecuado deben tenerse en cuenta las características del soporte a revestir. Las más importantes son:

Estabilidad dimensional: El soporte no debe sufrir variaciones dimensionales significativas con el tiempo, para evitar la generación de tensiones. Por ejemplo, la retracción de los fraguados de hormigón se prolonga en torno a 6 meses y es irreversible por lo que es necesario esperar este tiempo antes de proceder al aplacado.

Flexibilidad: Los edificios de gran envergadura pueden estar sometidos a movimientos estructurales, por ejemplo la acción del viento, que pueden causar tensiones entre las diferentes capas de la fachada. Para minimizar este problema se recurre al aplacado mixto adhesivo-anclaje, al aumento de las juntas de colocación y a la utilización de formatos de menor tamaño.

Otras características a tener en cuenta son: la sensibilidad al agua del soporte, lo que puede dar problemas de expansión, descomposición, desmoronamiento o aparición de mohos, recurriéndose en este caso a una imprimación de impermeabilización en caso necesario. El acabado de la superficie debe ser el óptimo para la posterior adhesión de las piezas cerámicas, por lo que no debe contener elementos disgregables (se aplicaría una capa de imprimación en caso necesario) y disponer del grado de absorción y rugosidad óptimo. Finalmente, se debe asegurar la planeidad del soporte eliminando cualquier eventual presencia de irregularidades. Suele ser necesario la aplicación de una capa de nivelación a fin de propiciar una superficie óptima para el embaldosado.

Cuando sea necesario, a fin de evitar estos problemas, especialmente la estabilidad dimensional y la flexibilidad puede independizarse la capa cerámica de la hoja soporte aplicarse capas de desolidarización, separación o regulación.

Como se comentó anteriormente, la técnica de capa fina es la que se presenta mayores ventajas. Para utilizar esta técnica, es necesario aplicar una capa de regularización, perfectamente maestreada utilizando mortero de albañilería. Los morteros de albañilería y para enlucido se designan de acuerdo a las Normas UNE-EN 998-2 y UNE-EN 998-1 respectivamente, siendo el más adecuado el mortero GP-CSIII-W1 ó W2.

1.5. Juntas de movimiento

A fin de evitar tensiones entre las distintas capas de la fachada se diseñan las juntas de movimiento, de distintos tipos y finalidades:

- **Estructurales:** que llegan hasta el soporte y se rellenan de materiales elásticos.

- Perimetrales: utilizadas para evitar la acumulación de tensiones y que se utilizan fundamentalmente en uniones de cerámica con otros materiales. Deben ser continuas y se rellenan de material compresible.
- De partición: que subdividen las grandes superficies en otras menores (50-70 m²) e incluso menores en lugares cuyas condiciones climatológicas son extremas.

1.6. Técnica de colocación

Tradicionalmente el aplacado de fachadas con baldosas cerámicas se ha realizado mediante morteros de capa gruesa; sin embargo en los últimos años, el desarrollo de una elevada gama de adhesivos especiales que ofrecen notables ventajas, tanto en la adherencia que proporcionan entre los diferentes sustratos, como en la durabilidad a lo largo del tiempo, han propiciado que la tendencia se esté invirtiendo y el sistema de colocación mediante capa fina se esté implantando con mayor asiduidad.

La capa fina se realiza sobre una capa de regularización, evita la manipulación del cemento por los operarios de colocación y su tiempo de rectificación es elevado.

Dentro de la amplia gama existente, los materiales adecuados para la colocación de placas de gres porcelánico son adhesivos cementosos, formados por conglomerantes hidráulicos, cargas minerales y aditivos orgánicos, a los que se adiciona agua en la proporción adecuada, antes del uso. El recomendado es del tipo C2 (adhesivo cementoso mejorado), con tiempo abierto ampliado E y deslizamiento reducido T. Las definiciones y especificaciones de estos adhesivos se recogen en la Norma UNE EN 12004:2001.

La adherencia se genera a través de un doble mecanismo; por un lado el mecánico en el que los poros del material a adherir se rellenan con el adhesivo; por otro lado químico, por contacto directo pieza y sustrato.

1.7. Anclaje mecánico

A pesar de las elevadas prestaciones de los adhesivos, en numerosos casos es necesario complementar el adhesivo con un sistema de anclaje mecánico, por lo que el revestimiento de fachada se convierte en mixto. Aunque la obligatoriedad del uso del anclaje mixto puede variar en función de la Normativa local, la recomendación es utilizarlo en los siguientes casos:

- formato de baldosa superior a 35x35 cm
- altura del paramento superior a seis metros

Al igual que en las fachadas ventiladas, existen diversas posibilidades en cuanto al tipo de anclaje, pudiendo ser visto u oculto, siendo necesario en algunos casos la mecanización de las piezas. En este caso, no se utiliza subestructura me-

tálica y los elementos de anclaje quedan introducidos en el interior de las juntas de separación durante el proceso de aplacado.

1.8. Rejuntado

Junta de colocación es la separación que se deja entre todas las baldosas cerámicas contiguas. El ancho de la junta responde a requisitos funcionales (absorción de tensiones internas) y estéticos. Este proceso se realiza posteriormente al aplacado y a la fijación definitiva del anclaje.

Los materiales utilizados se recogen en la Norma UNE EN 13888. Al igual que ocurre con los materiales de agarre, los materiales de junta se clasifican en función de su naturaleza; en el caso que nos ocupa, el recomendado es material de rejuntado cementoso CG2 aditivado con látex.

1.9. Controles de ejecución

- Información del proyecto
- Control de materiales
- Comprobaciones
- Control de ejecución (inspecciones, etc)

1.10. Limpieza tras colocación

Los restos de cemento de las operaciones de colocación y rejuntado se eliminan, realizando primeramente un lavado con agua, posteriormente utilizando un ácido diluido y finalmente un aclarado final

Con este paso quedaría finalizado el proceso de ejecución de la fachada.

1.11. Descripción de la fachada y de su patología.

Dado que las incorrecciones durante la ejecución son mencionadas por la bibliografía como factores determinantes en la aparición de defectos de este tipo, se ha analizado pormenorizadamente, y en estrecha colaboración con la empresa que ejecutó el proyecto, el proceso de aplacado. El objetivo es encontrar algún punto en la ejecución que permita relacionarlo con la aparición de las manchas.

Este apartado incluye la descripción del proceso de construcción de la fachada, incluyendo todo tipo de detalles: orden de colocación en función de la orientación del edificio, utilización de diferentes materiales de agarre y rejuntado, pruebas de materiales realizadas durante la propia obra, aislamiento de las vías frecuentes de entrada de agua, climatología existente durante el periodo de colocación y cumplimiento de los periodos recomendados de fraguado de materiales.

El edificio consta de dos módulos, que fueron ejecutados uno a continuación del otro, siguiendo en ambos la siguiente secuencia: se comenzó a aplacar por la

cara sur del edificio, y posteriormente y por este orden, se ejecutaron las caras Este, Norte y Oeste. Los pasos de ejecución y su progreso se desarrollan a continuación:

1.11.1. Maestreado

Se comprobó la nivelación del soporte. A continuación se eliminó el polvo y la suciedad del paramento, se sacaron maestras cada metro aproximadamente y se aplicó una capa de regularización de entre 5 y 10 mm. El mortero utilizado es un mortero convencional.

Se preparó la mezcla con áridos lavados de silicio y con una granulometría de 0 a 3 mm. La dosificación aproximada de la mezcla del mortero de cemento fue 1/5 y se añadió para un mejor acondicionamiento y aplicabilidad de la muestra extracto de cal en la dosificación indicada por el fabricante, también se añadió a la mezcla filamento de fibra de vidrio para darle un mejor armado de la mezcla.

Durante la ejecución del maestreado se compactó la capa aplicada antes de que hubiese secado por completo utilizando una talocha o llana. De esa forma se le dio cohesión y compactación. Finalmente, tras verificar la planaridad del soporte, se dejó fraguar y secar durante 28 días hasta alcanzar un 3% de humedad residual, comprobada mediante un higrómetro.

1.11.2. Replanteo

El replanteo fue realizado por la dirección de obra, siendo comprobadas las medidas posteriormente por el equipo de instaladores. En esta operación fueron diseñadas las juntas de movimiento, al igual que la ubicación de las piezas de ajuste. Las juntas de movimiento, se hicieron coincidir en dirección vertical con las ventanas, y en posición horizontal con el forjado.

1.11.3. Alicatado

Previamente al alicatado, se comprobó la cohesión del maestreado, rascando con un cepillo duro y observando la posible disgregación. No se observó ningún fenómeno anómalo.

Otras operaciones realizadas durante el proceso y que fueron realizadas a diario sobre la obra fueron las siguientes: observación de eventual presencia de agua sobre el reverso de las piezas cerámicas, que podría crear una película anti-adherente entre el adhesivo y las baldosas; análisis de la insolación y fuerte viento en algún punto de la fachada, lo que podría producir una rápida pérdida de agua en el adhesivo y la consiguiente disminución en el tiempo abierto del mismo, y constatación que no existía riesgo de helada durante el periodo de ejecución, ya que perjudica enormemente las prestaciones de los adhesivos.

El adhesivo utilizado pertenecía a la clasificación C2 TE S1, según la Norma UNE EN 12004 es decir, un adhesivo cementoso deformable de amplio tiempo abierto y reducido deslizamiento, recomendado para fachadas exteriores. Se siguieron las indicaciones del fabricante del adhesivo, tanto en lo referente al tiempo de mezcla como al de maduración.

La aplicación se realizó mediante doble encolado, utilizando una llana dentada de medidas y diseño adecuado al formato de la baldosa y aplicando con la parte lisa de la llana una capa fina sobre la costilla de la baldosa. De forma periódica se realizaron comprobaciones del tiempo abierto del adhesivo. Para ello, se levantaron piezas una vez pegadas y se comprobó la rotura cohesiva de la capa de adhesivo y su repartición equitativa entre soporte y la pieza cerámica. Una vez colocadas las piezas, se limpiaron perfectamente tanto el interior las juntas como la superficie vista de la baldosa con el fin de facilitar los procesos posteriores.

1.11.4. Anclaje metálico

Esta tipología de fachada además de la adhesión química generada por el adhesivo entre la piezas cerámicas y el cerramiento, se produce una unión física a través de grapas que queda unidas por un lado, a las piezas cerámicas mediante inserción en unas ranuras previamente mecanizadas y al soporte mediante tacos y tornillos. Este anclaje, queda oculto.

Las grapas se insertan en las ranuras dispuestas en las piezas a medida que se va aplacando la fachada. Tres días después, una vez fraguado el adhesivo, se realizó la fijación definitiva mediante tacos y tornillos.

1.11.5. Rejuntado

El ancho de junta elegida para esta fachada fue de 8 mm.

Comienza la ejecución utilizando un cemento clasificado como CG2 (cemento, para juntas, mejorado) según EN 13888. En todo momento se siguieron las instrucciones del fabricante. El proceso fue llevado a cabo por dos operarios uno de los cuales llenaba la junta con el material utilizando una llana de goma; el otro, una vez el material comenzaba su fraguado (cuando pierde el brillo o deja de manchar cuando se toca) limpiaba el exceso utilizando una llana que posee un estropajo para el retirado del sobrante de junta y una esponja bien escurrida para el remate final utilizando agua limpia.

Mientras se estaba ejecutando la cara norte, se observó un cambio aleatorio en el tono de la junta que afectaba significativamente a la estética del conjunto. Tras intentos infructuosos de limpieza superficial mediante productos ácidos, se consideró que no se trataba de un mero cambio superficial, por lo que se procedió a sustituir la junta por otro material, de las mismas características CG2, pero de fraguado más rápido y del tono adecuado. Con este segundo material, se terminó de rejuntar toda la obra sin más incidencias. En este momento no habían aparecido todavía las manchas blancas sobre la superficie.

Dado el aspecto satisfactorio de la junta, homogénea, uniforme y sin presencia de grietas, se desestimó el uso de hidrofugantes.

1.11.6. Juntas de movimiento: estructurales y de partición

En esta fase se rellenaron las juntas de dilatación y partición diseñadas durante la fase de replanteo. Se rellenaron de materiales elásticos especiales para

este tipo de usos.

También se sellaron con material elástico los cambios de plano y los encuentros con otros materiales como la acera, piedra o metal.

1.11.7. Limpieza final

Tras el proceso de sellado se procedió a la limpieza de la fachada, utilizando agua limpia y acción mecánica con un estropajo abrasivo sobre las manchas del cemento. En caso necesario se hizo uso de un quita cementos ácido recomendado por el fabricante siguiendo las instrucciones de uso recomendadas por éste. En este caso, se eliminó el quita-cementos limpiando con abundante agua para evitar la agresión del producto a la junta.

1.11.8. Aparición de manchas durante las primeras lluvias.

Durante la ejecución de la obra, solamente se había generado la problemática de la destonificación de las juntas. Las manchas blancas de la fachada no habían aparecido en el momento de la finalización de la obra. Estas aparecieron posteriormente con la llegada de abundantes lluvias y el probable trasiego de agua entre las distintas capas que constituyen el cerramiento.

2. ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS

Existe una patología que podemos observar en muchas de las fachadas cerámicas en los edificios de nuestras ciudades, aunque generalmente tan sólo se trata de un defecto estético sin mayores consecuencias: las **eflorescencias**.

Las eflorescencias son depósitos de sales cristalizadas (normalmente bases de calcio) que se depositan en la superficie de las baldosas cerámicas en forma de manchas, generalmente, blanquecinas.

Según el tipo de eflorescencia podemos encontrar distintas manifestaciones:

- Tipo I, son depósitos superficiales de sales blanquecinas muy solubles en agua, que aparecen en forma de superficie muy fina y situadas en el centro o los bordes del ladrillo, aunque también cubre la junta de mortero. Son muy abundantes.

- **Tipo II (criptoeflorescencias o subeflorescencias)**, las piezas presentan desconchados importantes o se desprenden con facilidad capas del ladrillo de unos milímetros. Suelen darse en zonas húmedas o marítimas. Son poco frecuentes.
- **Tipo III (exudaciones)**, son depósitos blancos en superficie en forma de regueros, son poco solubles en agua y en presencia de ácido clorhídrico son efervescentes. Son difíciles de eliminar.
- **Tipo IV**, son regueros de color marrón sobre los ladrillos y las juntas de mortero. Son poco frecuentes y suelen aparecer en ladrillos fuertemente cocidos.

- **Tipo V**, las manchas son de color amarillo verdoso. Son muy raras
- **Tipo VI**, en este caso las manchas, marrones oscuras o negras, aparecen sobre los ladrillos (normalmente los marrones pigmentados) y las juntas. Se distinguen de las del tipo IV por el color del ladrillo, al estar pigmentados con bióxido de manganeso.

Para que se produzcan las eflorescencias deben confluír a la vez 3 factores:

- Que existan sales solubles libres en el interior de la pared
- Que exista agua que transporte esas sales hacia la superficie
- Que existan poros en el mortero de rejuntado

Origen de las Sales:

- Los morteros y sus agregados son la principal fuente de sales y causa de la aparición de la mayoría de las eflorescencias.
- El terreno puede contener sales, el contacto directo entre el terreno y el muro o el suelo sumado a la humedad del mismo es otra de las causas frecuentes de eflorescencias.
- Las baldosas pueden llegar a contener algunas sales. Debido a la composición química de las materias primas utilizadas en su proceso de manufactura y a las altas temperaturas utilizadas, es raro que éstas sean fuentes de eflorescencias. Sin embargo, como el lugar donde aparecen las manchas es en la superficie de las baldosas, es común que erróneamente se culpe a estos materiales de ser la causa de las eflorescencias.
- El agua empleada en la construcción de la fachada, ya que la provincia de Castellón es una de las de mayor contenido de cal en mg/l de toda España.

Origen del Agua:

- La lluvia y el viento, que producen el ingreso de agua en el material cerámico y mortero disolviendo las sales.
- Agua de condensación. Si bien los muros pueden estar aislados, a veces el agua se produce por condensación intersticial dentro de los mismos.
- Agua utilizada en la obra. En algunos lugares el agua utilizada de pozo o de red en la obra puede contener elevada concentración de sales.
- El terreno donde está asentada la construcción generalmente es húmedo.

La mampostería o el contrapiso no deben permitir el contacto de las sales y el agua. El diseño juega un papel importante. Debe impedirse que se produzca este contacto mediante barreras impermeables, evitando fisuras, filtraciones, etc.

2.1. Prevención de las eflorescencias:

Analizaremos las eflorescencias en las que las sales se disuelven dentro del la mampostería y migran hacia el exterior de la baldosa cerámica. Estas eflorescencias pueden ser muy difíciles de detener, y pueden continuar emigrando desde la mampostería durante muchos años.

En los sistemas de revestimiento cerámico de pared adheridos mediante adhesivo, muchos de los problemas los asociamos con la introducción aparente del agua de lluvia. Esta humedad interna no solamente provocará escapes de agua y manchado, sino a menudo es el factor responsable en la aparición de las eflorescencias.

La mayor parte de las baldosas instaladas en el mundo se colocan usando adhesivo. Con frecuencia, se aplica el adhesivo sobre una capa de cemento o mortero usada para hacer que la superficie sea lo suficientemente plana como para realizar una instalación adecuada. Los sustratos que hay tras esta capa intermedia son de nuevo generalmente mampostería u hormigón. Esto implica que los sistemas usuales para colocar las baldosas suministran una abundante cantidad de material de cemento poroso. Estos materiales de cemento contienen grandes cantidades de sal soluble, formando hidróxido cálcico. El hidróxido cálcico se forma durante la fabricación e hidratación del cemento usado en el sustrato. Es este hidróxido cálcico que proporciona el ingrediente básico para la formación de carbonato cálcico sobre la superficie de la baldosa cuando las condiciones de exposición son propicias.

El factor más importante para evitar las eflorescencias en el revestimiento de paredes, es prevenir la infiltración de agua que se da usualmente a través de un sistema de remate en la parte superior de los bordes expuestos.



Fig.1. Ausencia de albardilla en el muro de la azotea

Como se observa en la fotografía, la ausencia de la albardilla en el remate final del muro es una vía para la infiltración del agua.

Es esencial limitar la infiltración de agua en los sistemas de revestimiento de paredes a través de juntas elásticas de dilatación. Normalmente, esto conllevará la preparación de la superficie, imprimación, uso de materiales de apoyo de las juntas, un valor de ancho–profundidad recomendado para el sellante, y el uso de sellantes adecuados para el nivel exterior. También se debería de facilitar un programa de mantenimiento par las juntas de sellante.

La única vía en la que no se tendría en consideración las infiltraciones de agua sería la utilización de un mortero de rejuntado que no incluya el cemento dentro de su composición. Existe ya alguna solución que se ha estudiado en detalle para satisfacer estos requerimientos, donde se reemplaza el conglomerante cementoso por resinas orgánicas de última generación, que determinan que el producto aplicado presente una elasticidad mayor que la del mortero cementoso, una prácticamente nula absorción y la certeza de eliminar la posibilidad de que se produzca la carbonatación.

3. DIAGNÓSTICO DE LA PATOLOGIA

De los análisis químicos realizados a las muestras de mortero de rejuntado extraídos de la fachada, se desprende que la patología en estudio se deriva fundamentalmente de un proceso de carbonatación que afecta a dicho mortero. No obstante, existe una patología que determina un efecto estético equivalente y que se presenta de igual manera en este tipo de soluciones de fachada. Esta se origina por la migración de sales solubles presentes en el soporte de colocación y es comúnmente conocida como “eflorescencia”. Debido a que ambas patologías están estrechamente vinculadas a los sistemas utilizados para la ejecución de la fachada, en el presente análisis se tendrán ambas en consideración.

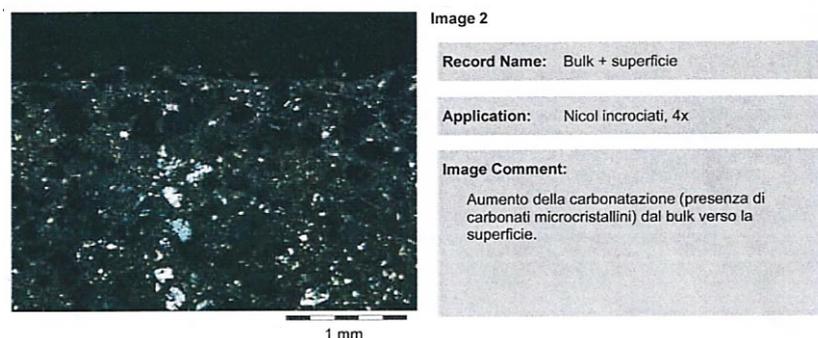


Fig.2. Imagen de carbonatación del mortero de rejuntado

Adentrándonos en las manchas aparecidas en el COII de Castellón, los distintos tipos de eflorescencias carbonatadas son:

- Carbonataciones o eflorescencias cálcicas: Debidas a la acción del CO₂ atmosférico sobre la cal producida durante la hidratación del clinker del cemento, que da lugar a la formación de carbonato insoluble sobre la superficie. Aparecen con más frecuencia sobre revocos y revestimientos de mortero.

- Eflorescencias del árido calizo: La probabilidad de aparición de este tipo es muy baja. Con el CO₂ y en presencia de humedad se forma una sal ácida soluble que posteriormente se insolubiliza en forma de carbonato.

La carbonatación se produce por la reacción química entre el Hidróxido de Calcio presente en el cemento del mortero de rejuntado y el Dióxido de Carbono del ambiente. Esta reacción se produce sólo bajo la presencia del agua, la que transforma al Dióxido de Carbono en ácido carbónico que es el que puede reaccionar con el Hidróxido de Calcio. El resultante de esta reacción es el Carbonato de Calcio que presenta un color blanco predominante y que determina la disfunción del rejuntado en estudio. Por lo tanto, la magnitud de este fenómeno dependerá de los factores antes señalados: contenido de Hidróxido de Calcio en el cemento presente en el mortero de rejuntado, concentración de CO₂ en el aire y humedad presente en el medio de la reacción.

De los análisis químicos realizados a muestras de las eflorescencias aparecidas en la fachada del COII de Castellón, se observa la presencia de carbonato cálcico. Cabe destacar la ausencia de cualquier tipo de sulfatos.

Se muestran a continuación los rastros de las carbonataciones cálcicas aparecidas en la fachada del COII de Castellón

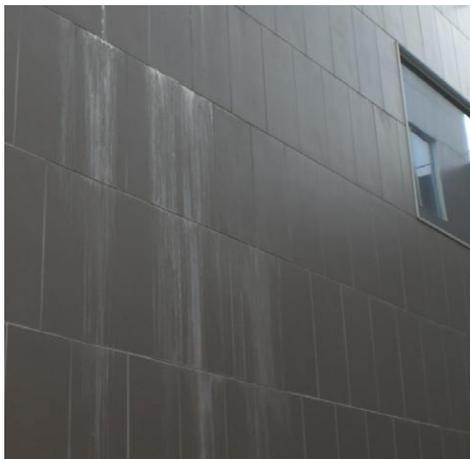


Fig. 3. Eflorescencia en Pasillo interior

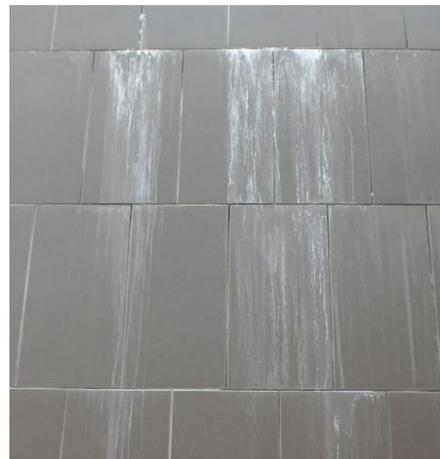


Fig. 4. Eflorescencia Edificio oficinas



Fig. 5. Junta abierta en azotea

En la actualidad, los morteros de rejuntado cementosos poseen contenidos de cemento superiores al 40% del total del peso. Es por ello, que la materia prima para que se produzca esta patología se encuentra intrínsecamente vinculada con la tipología de material utilizado. Existen tecnologías que permiten minimizar sus efectos, pero si se dan las condiciones de obra que favorezcan su aparición es prácticamente imposible evitarla al 100%. Aparte del hecho de seleccionar la tipología del material de rejuntado, debido a que el control del CO₂ presente en el aire no es factible, la variable sobre la que en mayor medida se puede intervenir durante la ejecución de los trabajos de aplicación es la humedad.

Se trataría por lo tanto de permitir que durante el proceso de fraguado del mortero de rejuntado, se consiguiesen las variables de humedad y temperatura que permitiesen que el mortero aplicado secase y endureciese de la manera más rápida posible, limitando el riesgo de aparición de la patología. Esta es una variable que sin duda ha fomentado, en el caso particular de la obra analizada, la aparición de la carbonatación del mortero de rejuntado, puesto que el agua ha sido un factor determinante.

4. CONCLUSIONES

El control de la humedad en la obra debe realizarse en todo momento, de lo contrario determinaría que los muros, antes de ser revestidos se presenten saturados de agua. Esta humedad tardaría mucho tiempo en ser eliminada y podría aparecer en forma de eflorescencias en el futuro.

Unas recomendaciones básicas a tener en cuenta a la hora de colocar piezas cerámicas en fachadas verticales para prevenir la aparición de eflorescencias serían:

- Control de la dureza del agua empleada en todo el proceso de instalación del aplacado cerámico: comprobar la ausencia hidróxido de calcio.
- Control del árido empleado en el maestreado de la fachada: comprobar la ausencia hidróxido de calcio.
- Secado del maestreado de la fachada: comprobar que la humedad residual del maestreado de la fachada, una vez seco, no supere el 3% de humedad.
- Control de sales solubles en las piezas cerámicas a emplear en la fachada.
- Elección de un adhesivo adecuado libre de sustancias nocivas que favorezcan la aparición de eflorescencias.
- Utilizar morteros de fraguado normal y rápido endurecimiento en las juntas entre placas cerámicas, evitando así que al endurecer el rejuntado aparezcan grietas.
- Una vez el mortero de rejuntado este endurecido, aplicar un producto incoloro sellante en las juntas para evitar la infiltración de agua.

- Utilizar un buen diseño de la fachada haciendo uso de juntas elásticas, tanto verticales como horizontales, para evitar que la dilatación térmica de la fachada fraccione el rejuntado de la fachada.
- Todos los elementos de la fachada distintos al aplacado cerámico, tienen que estar bien sellados e impermeabilizados para evitar las infiltraciones de agua.
- Aportar un mantenimiento periódico de la fachada para reparar posibles defectos que aparezcan todos los elementos susceptibles de infiltrar agua al interior de la pared.
- Realizar la instalación de la fachada en épocas poco lluviosas, procurando tapar la fachada evitando la infiltración de agua de lluvia, y procurar realizar la instalación de la fachada en momentos en que la temperatura ambiental no supere los 24°C.
- Realizar un control químico de todos los productos empleados en la instalación del aplacado cerámico.

En caso de la aparición del problema de las eflorescencias, una posible solución a realizar sería un mantenimiento preventivo a la fachada.

Este mantenimiento consistiría en:

1. Paso: limpieza de toda la fachada para eliminar las manchas de los carbonatos aparecidos en la superficie de las baldosas cerámicas con una disolución al 10% de ácido clorhídrico o ácido acético, o con cualquiera de los productos comerciales existentes en el mercado para este fin, según la resistencia de las manchas.
2. Paso: sellar todas las juntas que estén en mal estado, bien con el mismo material de rejuntado (si se trata de la junta entre dos baldosas cerámicas) o con alguna resina sellante.
3. Paso: impermeabilizar todas las juntas con algún tipo de sellante incoloro, mediante pistola a presión, con rodillo, gamuza o pincel.
4. Paso: reparación de todos los elementos de la fachada que puedan ser causantes de filtraciones de agua al interior de la pared de la fachada, como grietas, huecos, mal rejuntado, elementos de la carpintería metálica en mal estado, etc..
5. Paso: sellar todas las juntas de la fachada de los marcos de los ventanales con juntas elásticas con base de epoxi.
6. Paso: revisión periódica de la fachada para eliminar posibles eflorescencias que aparezcan, reparación de las juntas que se hayan deteriorado, y mantenimiento en general.

Una posible futura solución al problema de las eflorescencias sería la aplicación de la nanotecnología directamente sobre la fachada, mas específicamente, realizar una aplicación directa de nanocapas activas para la fotocatalisis heterogénea. Gracias a estas capas los materiales pueden adquirir nuevas propiedades para ser AUTOLIMPIABLES, DESCONTAMINANTES, HIDROFOBOS ó HIDROFILOS, OLEOFOBOS, ANTI-BACTERIANOS, LUMINISCENTES, CON CAPACIDAD DE PROTECCION ULTRAVIOLETA ó ANTI-ENVEJECIMIENTO, ANTI-CORROSION.

Estos nuevos productos pueden aportar nuevas capacidades y aplicaciones a los materiales convencionales, aportando soluciones altamente innovadoras y eficientes que pueden mejorar sustancialmente el Medio Ambiente y la calidad de vida de las personas, asi como dotar a los materiales de nuevas propiedades.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Guía de la baldosa cerámica (ASCER, C.O.A.C.V., COPUT, ITC-AICE, WEBER ET BROU-TIN - CEMARKSA)
- [2] <http://www.solofachadas.es/documentacion.html?func=startdown&id=19>
- [3] http://concretonline.com/pdf/07construcciones/art_tec/patologia43.pdf
- [4] <http://www.cca.org.nz/shop/downloads/IB44.pdf>
- [5] Eric Doehne, Conservation Scientist, Getty Conservation Institute. Charla presentada en el Australian Institute of Architects. Sydney. 2006 <http://www.getty.edu/conservation/science/salt/index.html>.
- [6] Colin Cass. B. Ed. Jefe del Departamento y Profesor de Colocación. Instituto TAFE de Sydney Sydney, Australia. colin@cass.org
- [7] <http://www.laticrete.com/espanol/fachadas/Parte3.pdf>