

EL RECUBRIMIENTO CERÁMICO A LA VANGUARDIA DE LA ARQUITECTURA

Una retrospectiva de 10 Años



Richard P. Goldberg AIA, CSI, NCARB

Arquitecto – Professional Consultants International, LLC (PROCON)

Richard P. Goldberg, AIA, CSI, NCARB es arquitecto y es presidente de Professional Consultants International, una empresa consultora internacional de construcción y diseño de la edificación. Richard Goldberg se involucra en todas las fases de un proyecto de edificación, desde la investigación y el desarrollo del diseño hasta el seguimiento de la construcción y las investigaciones forenses. Richard Goldberg posee más de 32 años de experiencia en la industria arquitectónica y de construcción. Richard P. Goldberg. Es un especialista internacionalmente reconocido de la arquitectura cerámica y ha realizado muchos proyectos importantes de revestimientos cerámicos de fachada, como la Torre de Al Hamra de 75 plantas en Kuwait; el Brooklyn Children's Museum en New York City, EE.UU.; y la Hilton Rainbow Tower en Honolulu, Hawái, EEUU.

A lo largo de los últimos 10 años desde mi presentación en QUALICER 2002 sobre el futuro de la cerámica en la arquitectura, muchos de los conceptos e ideas presentados entonces han llegado a su fructificación. En el año 2002, cuando el concepto de la arquitectura sostenible se encontraba todavía en su infancia, estaba convencido que la cerámica estuviera bien posicionada como material de construcción con el perfecto equilibrio de características sostenibles de diseño y de comportamiento.

Ahora, en el año 2012, la sostenibilidad es la fuerza motriz del diseño y de los materiales de la construcción, y los sistemas cerámicos de revestimiento de fachada ventiladas han demostrado claramente que se puede realizar la arquitectura sostenible mediante la oferta de un impacto reducido en la fabricación y distribución de los materiales, así como unas eficiencias significativas en las prestaciones técnicas, como por ejemplo la disipación de, y la protección contra, el viento, la lluvia, el ruido, los contaminantes transportados por el aire y la radiación solar.

Del mismo modo, en el año 2002, el análisis informático de los ensamblajes complejos de materiales compuestos como la cerámica adherida no era factible, ni técnicamente ni económicamente. Ahora, 10 años más tarde, los equipos y programas informáticos permiten a los arquitectos, ingenieros y fabricantes de productos predecir el comportamiento de los sistemas compuestos de pared no lineales (figura 1), como los sistemas de revestimiento cerámicos del edificio adheridos y mecánicamente anclados con mayor confianza y éxito.



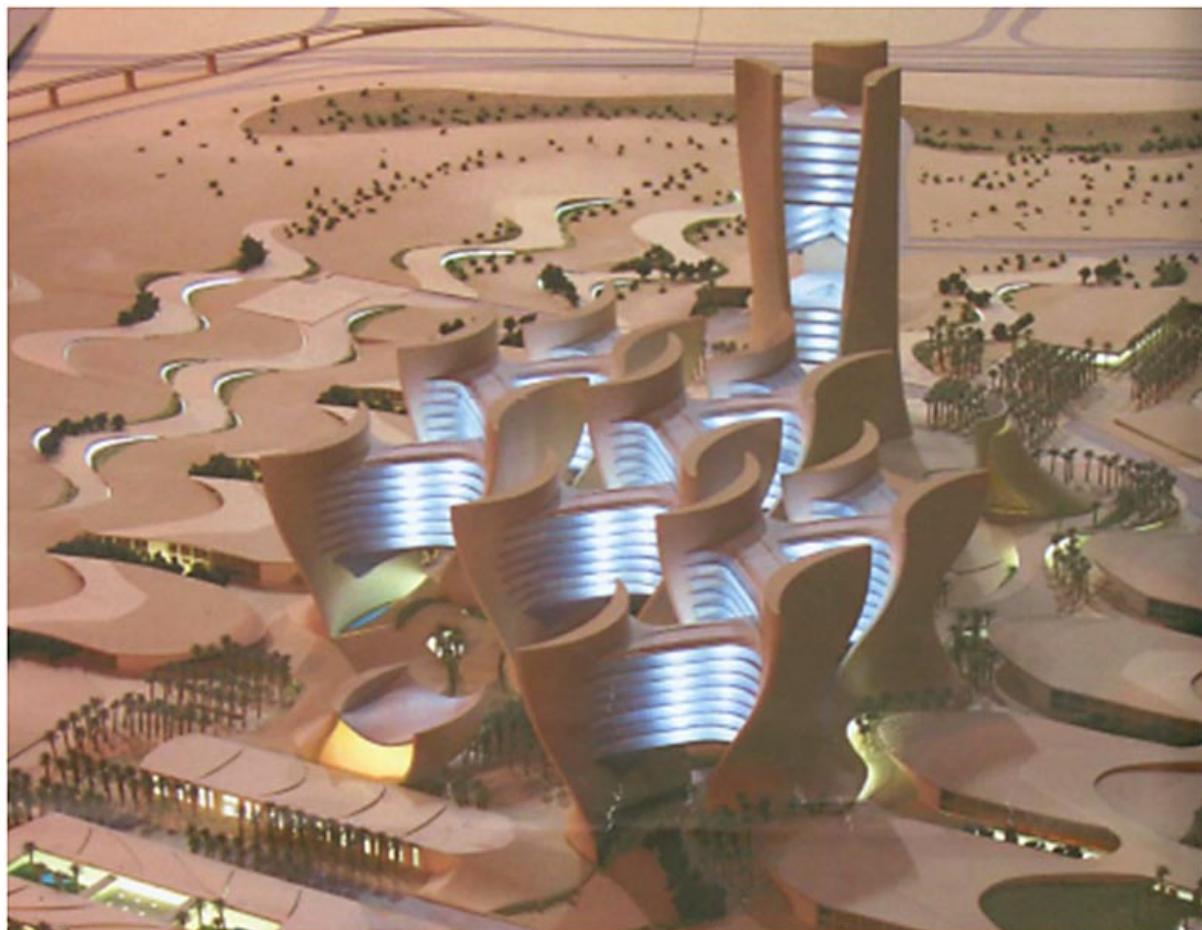


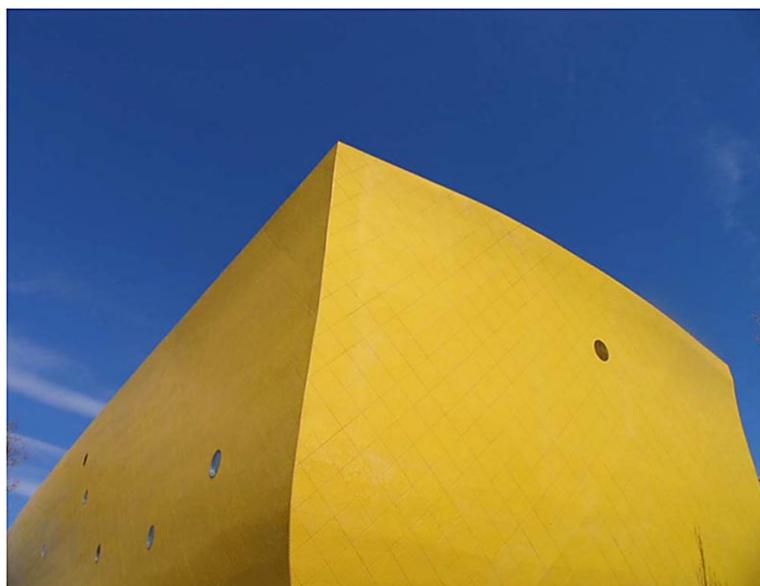
Figura 1 – La modelización por ordenador mediante elemento finitos fue utilizada para predecir el comportamiento de la fachada cerámica adherida en un sistema estructural non-lineal para el la empresa Qatar Petroleum (diseño por SOM Architects)

Por consiguiente, estamos empezando a darnos cuenta ahora del verdadero potencial de las aplicaciones para la cerámica en la arquitectura al establecer una identidad como industria orientada al mercado y proveedor de soluciones integradas “basadas en sistemas”, y no simplemente como industria centrada en el suministro de un material cerámico de alta calidad para la edificación sin considerar el contexto.

En el año 2002, planteé la comparación que la industria cerámica se encontraba entonces en una posición similar a la de la industria del vidrio a principios del siglo XX. El uso del vidrio en la arquitectura se limitaba a zonas pequeñas. Esto era debido a su alto coste, la imposibilidad de fabricar formatos grandes y la dificultad de la instalación. Cuando las limitaciones del proceso de producción y la ausencia de sistemas auxiliares integrados, como el armazón de la pared cortina fueron eliminadas por medio de la tecnología moderna, el uso de las superficies vítreas se convirtió en, y sigue siendo, una característica fundamental de la arquitectura urbana moderna. De un modo similar, la industria cerámica está a punto de repetir la historia de la edificación mediante la eliminación de las limitaciones anteriores de la producción y el desarrollo de aplicaciones “basadas en sistemas”, aprove-

chando las enormes mejoras de la producción y las innovaciones de producto para solucionar problemas técnicos comunes.

El reto del futuro a la hora de abordar la sostenibilidad y aprovecharse de las oportunidades tecnológicas consiste en evitar que los límites de nuestros conocimientos actuales de las aplicaciones arquitectónicas tradicionales para el recubrimiento cerámico limiten nuestra imaginación de las posibilidades de un uso más amplio y más significativo en la arquitectura (figura 2). Todos sabemos cómo ciertas ideas como la modelización informática de la información o los medios sociales, con ahora 800 millones de usuarios conectados (es decir Google o Facebook), eran impensables hace 10 años. Y sin embargo, aquellos conceptos de gran alcance de antaño son ahora los conceptos dominantes y han cambiado, para siempre, nuestras culturas y economías.



*Figura 2 – Formas atrevidas y diseño imaginativo y de gran colorido de la fachada del edificio aportados por el revestimiento cerámico – Museo de los Niños de Brooklyn, New York City, EE.UU.
(diseño por Rafael Vinoly Architects / PROCON)*

1. EL RECUBRIMIENTO CERÁMICO – A LA VANGUARDIA DE LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

La sostenibilidad y la administración ambiental de los sistemas de edificación constituyen una prioridad principal de la actual generación de arquitectos a ingenieros de la construcción. Hasta hace poco, la sostenibilidad en la arquitectura había sido regulada de forma poco estricta, con muchas reivindicaciones dudosas por parte de los fabricantes de producto. Sin embargo, los arquitectos exigen ahora unas pruebas científicas más demostrables con relación a la sostenibilidad de los productos y, más importante, que los fabricantes de los productos se comprometan con un planteamiento “holístico” en la fabricación de productos de edificación sostenibles. Muchos fabricantes se centran únicamente en los atributos del producto, como el contenido reciclado, a menudo sin ninguna consideración de las cuestiones asociadas, como la dedicación corporativa a las innovaciones ambientales en la fabricación del producto, o la gestión de los usos del ciclo de vida de su producto.

Entonces: ¿Dónde se sitúa la industria cerámica en la última iteración de la arquitectura sostenible? Es una buena noticia que la industria cerámica sea un líder en sus esfuerzos para minimizar el impacto ambiental de los edificios, con programas como la iniciativa de la certificación de sostenibilidad Green SquaredSM desarrollada por el Consejo de Baldosas de Norteamérica, TCNA, bajo los auspicios del proceso del comité de normas ASC A108 acreditado por el Instituto de Normas Nacionales Americano, ANSI. El programa Green SquaredSM es un programa comprensivo que constituye el primer programa de sostenibilidad “específicamente para la industria cerámica” que evalúa a los fabricantes de productos cerámicos y productos de instalación cerámica de forma “holística” en cinco categorías (figura 3). Asimismo, este programa también proporciona una agencia de certificación establecida, llamada Scientific Certification Systems, para asistir a las empresas de baldosas cerámicas y de productos de instalación de baldosas cerámicas en el proceso de certificación, y ayuda a conseguir el reconocimiento de otros programas de sistemas de edificación sostenible establecidos, como el sistema de clasificación LEED del Consejo de Construcción Verde de EE.UU. (USGBC). La iniciativa Green SquaredSM es especialmente importante, ya que facilitará la conformidad de la industria cerámica con los requisitos específicos del Código Internacional de la Construcción Verde (IgCC), que ha sido aprobado recientemente por el Consejo de Códigos Internacionales (ICC) en las audiencias públicas finales, y será publicado en la primavera de 2012.

Categorías de Evaluación



Figura 3 – Planteamiento holístico de la "generación siguiente" de las categorías de certificación de Green Squared™ del Consejo de Baldosas de Norteamérica para la sostenibilidad de los productos cerámicos

Aunque la serie de Normas Internacionales ISO 14000 y el Esquema Europeo de Gestión y Auditoría Medioambientales, EMAS, para la gestión ambiental de la empresa no son específicos para la industria cerámica, estas normas y certificaciones voluntarias se encuentran ampliamente difundidas y ya proporcionan un marco sólido para la mejora y puesta al día continuas de la política ambiental en la industria cerámica. El enfoque de estas normas es la "Evaluación de los Impactos Ambientales", que define los atributos ambientales de los productos y las actividades de producción asociadas, y sus efectos en el entorno.

2. INNOVACIÓN DE PRODUCTO DEL RECURBIMIENTO CERÁMICO

La innovación de producto es tan importante, si no más, para los arquitectos a la hora de evaluar el impacto ambiental de sus diseños de edificios, que los atributos físicos del producto (figura 3). La industria cerámica ha demostrado, repetidamente, innovaciones que mejoran el impacto ambiental de la cerámica, que van desde la producción de formatos de baldosas súper grandes con una longitud de 3 m, y grosores de 3 a 5 mm, hasta superficies antimicrobianas. Dos de las innovaciones recientes más prometedoras y emocionantes han sido el desarrollo avanzado de sistemas de revestimiento cerámico de fachada trasventilados (también conocidos por el término establecido de la construcción como sistemas de "pared cortina"), y la investigación con relación a la integración de sistemas fotovoltaicos en los paneles de piezas cerámicas¹, que pueden producir energía y funcionar al mismo tiempo como un componente del edificio.

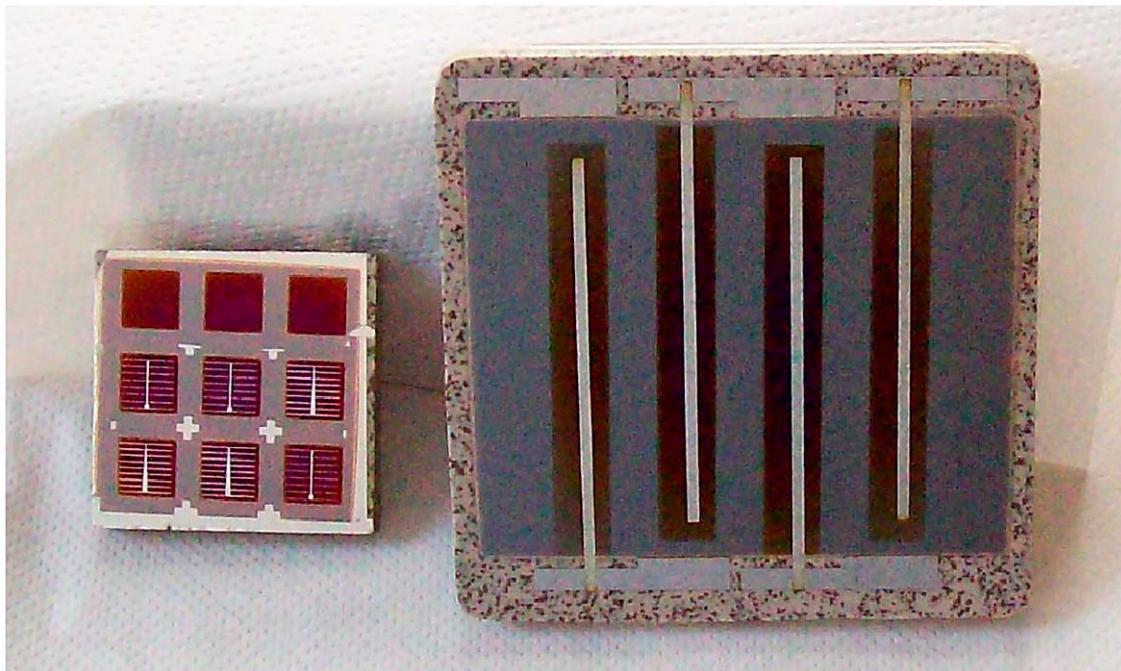


Figura 4 – Prototipo de la célula fotovoltaica de capa delgada depositada en forma de lámina sobre la pieza de gres porcelánico¹

Los investigadores han conseguido desarrollar y ensayar prototipos de células solares de capa delgada (figura 4), de unas pocas micras de grosor, que pueden ser depositados en paneles de baldosas cerámicas mediante un proceso de baja temperatura (deposición de vapor químico mejorada por plasma).

Mientras que ya se ha logrado la integración de las películas de células solares en las ripias de la azotea y en otros componentes del edificio, y quizás incluso desarrollado más, lo que convierte esta innovación en algo tan emocionante para la baldosa cerámica es que la fabricación de baldosas cerámicas y su aplicación en sistemas modulares extraíbles de las fachadas trasventiladas sirven perfectamente para solucionar los problemas de integración de las células solares en el revestimiento de fachada que existen con otros materiales de construcción. La construcción modular de sistemas de fachada cerámica trasventilados puede solucionar problemas de interconexión, así como de acceso para la reparación y el mantenimiento de los paneles cerámicos de células solares.

La integración de células solares dentro del soporte cerámico sigue siendo todavía un concepto de gran alcance, pero no menos singular que el concepto y el refinamiento del *Search Engine* ("buscador") informático. Sin embargo, me atrevo a pronosticar que la industria cerámica pronto desarrollará un método para cocer los sistemas fotovoltaicos directamente dentro del soporte cerámico, utilizando conceptos y tecnologías ya existentes como la impresión por chorro de tinta y los productos cerámicos que actúan como conductores eléctricos. La investigación similar ya en marcha puede ofrecer también el potencial para poder integrar los elementos LED o la iluminación de baja tensión y la óptica de fibra en los paneles

cerámicos de fachada similares a los sistemas ya en uso en la industria de vidrio. La capacidad de cambiar los colores de la pieza cerámica o del vidrio de forma electrónica, como herramienta de diseño, no está fuera de lugar!



Figura 5 – El cambio electrónico de los colores de la pieza cerámica o del vidrio podría convertirse en una herramienta de diseño viable

Los sistemas cerámicos de fachada trasventilados ofrecen, ciertamente, atributos de reducido impacto ambiental, que están bien documentados:

- Durabilidad – se trata de un material natural no absorbente y no tóxico que puede incorporar contenido reciclado
- Eficiencia del control de agua – disipa e impide la infiltración del agua con controles y acceso externos; minimiza las cuestiones de la cámara interior de la pared como el moho y los efectos sobre la calidad del aire interior
- Eficiencia energética – disipa el viento y el calor solar para un comportamiento térmico mejorado y elimina los puentes térmicos con el aislamiento exterior, convección de aire dentro de la cámara de la pared, buena conductividad térmica de la baldosa
- Eficiencia del ciclo de vida – durabilidad, resistencia al fuego, facilidad de mantenimiento con soluciones de limpieza no tóxicas, facilidad de reposición tanto de paneles cerámicos como de componentes de la pared interior.

- Eficiencia de la construcción y de la postocupación – reduce el tiempo de la construcción; eficiencia del mantenimiento y de la reposición

¿Entonces cuál va a ser la siguiente innovación real que la industria cerámica va a ofrecer en la siguiente generación de sistemas cerámicos ventilados? Una vez más, se trata de abrazar y comercializar ensamblajes cerámicos de pared ventilados como sistemas integrados, en vez de proporcionar simplemente la baldosa y el armazón portante (figura 6). Esto significa que los fabricantes cerámicos deben suscribir el concepto fundamental de sostenibilidad “de la cuna a la tumba” y proporcionar productos y servicios que van desde el diseño, la ingeniería y las directrices y la asistencia para los ensayos hasta las directrices proactivas de construcción, mantenimiento y reposición/reciclado. Únicamente hace falta estudiar cómo la industria del vidrio funciona bajo el mismo paradigma.



Figura 6 – Sistema de revestimiento de gres porcelánico de pared trasventilado – ingeniería y desarrollo de un sistema integrado que incluye todos los accesorios, impermeabilización, aislamiento, tapajuntas de metal (cortesía de Professional Consultants International)

3. INNOVACIÓN PARA LAS APLICACIONES DE REVESTIMIENTO ARQUITECTÓNICO – LA NECESIDAD DE MEJORAS

Desde el año 2002, muchas de las presentaciones de QUALICER dentro del apartado de instalación o colocación han seguido centrándose en las patologías de las aplicaciones arquitectónicas de revestimientos cerámicos de fachada directamente adheridos. Mientras que el avance de los sistemas de revestimiento cerámico trasventilados ha sido una solución alternativa a los problemas crónicos vividos con los revestimientos cerámicos directamente adheridos, resulta desafortunado que 10 años más tarde, la industria cerámica sigue atribuyendo muchos de estos problemas a cuestiones de mano de obra, fuera de su control, en vez de centrarse en innovaciones y soluciones a estos problemas.

¿Cuáles son las oportunidades y las soluciones técnicas que se han pasado por alto o que se han dejado de lado? Las patologías más críticas han sido ciertamente el fallo adhesivo de la baldosa y la infiltración del agua/deterioro de los ensamblajes de revestimiento cerámico adheridos directamente; sin embargo, ha habido poco progreso o innovación a la hora de solucionar estos problemas, sobre todo porque la industria se ha centrado únicamente en el producto cerámico, en vez de ver la baldosa cerámica como parte de un sistema de revestimiento de fachada.

A continuación se presentan dos ejemplos de soluciones a las patologías del revestimiento cerámico del edificio directamente-adherido:

- Modelización informática (Análisis mediante Elementos Finitos)
- Productos del plano de drenaje del agua

Modelización informática – QUALICER ha sido históricamente un foro donde se ha presentado lo último en la investigación sobre la modelización por ordenador del revestimiento cerámico de fachada adherido². Las patologías del fallo adhesivo tienden a estar arraigadas en nuestra incapacidad de entender el comportamiento y de cuantificar las fuerzas/tensiones que se producen en los sistemas compuestos no lineales, como el revestimiento cerámico adherido. La complejidad del movimiento simultáneo y diferencial del edificio, por la retracción (fluencia) del hormigón y por las cargas térmicas, sísmicas y del viento (figura 7), está simplemente muy por encima del cálculo práctico. Por consiguiente, nuestra industria ha estado intentando “adivinar” qué materiales y métodos serían necesarios para poder acomodar o aislar el movimiento del edificio para que no incidiera en la adherencia del revestimiento cerámico arquitectónico.

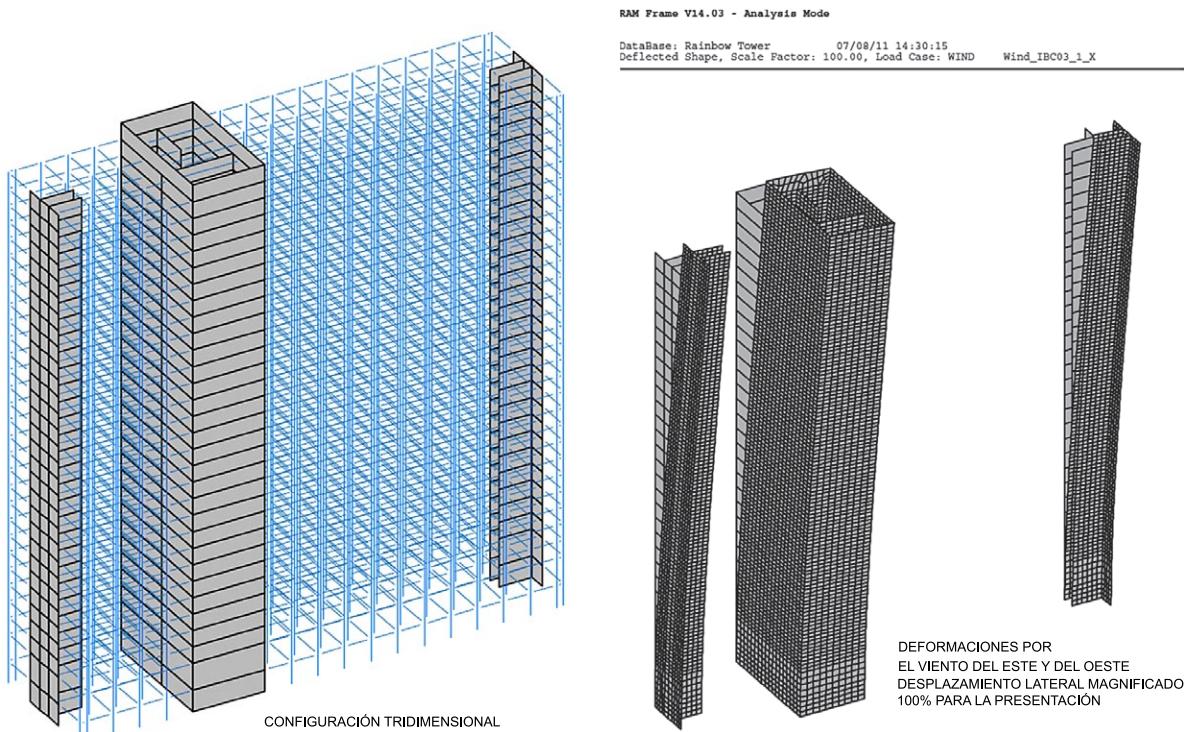


Figura 7 – Utilización de la modelización informática para analizar el movimiento estructural del edificio y para predecir el comportamiento del revestimiento de fachada adherido de gres porcelánico a raíz del movimiento lateral por el viento en una torre de 30 plantas (ingeniería por Professional Consultants International)



Figura 8 – Fachada cerámica de 30 plantas antes de la sustitución

Tensión de cizalladura en toda la fachada

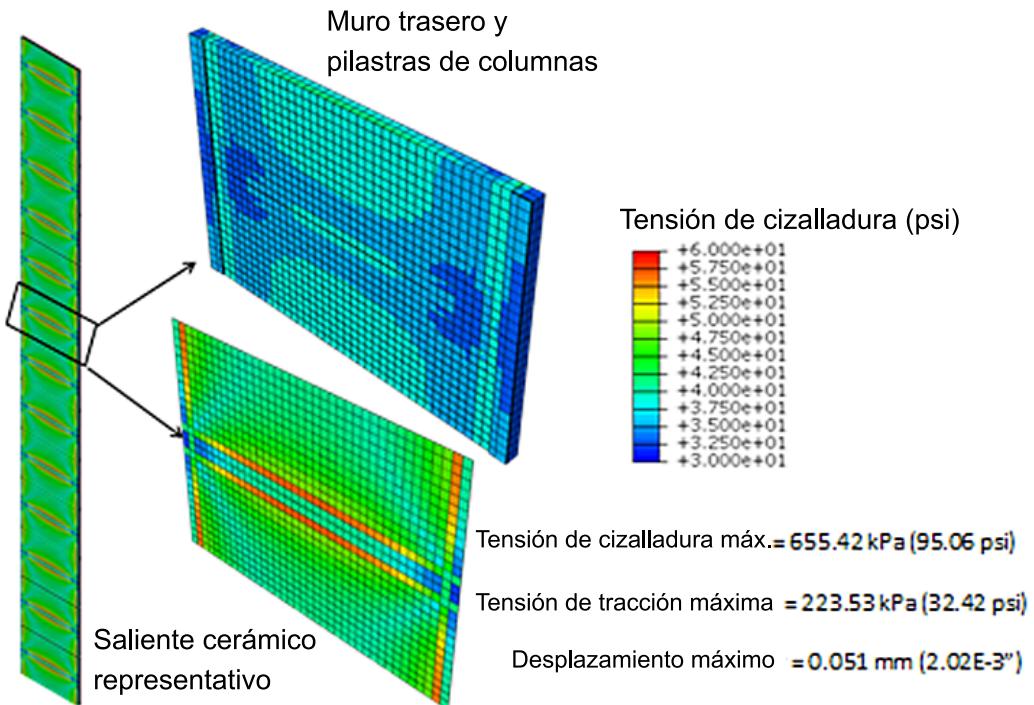


Figura 9 – Modelización informática mediante el análisis por elementos finitos para predecir la tensión de cizalladura causada por los cambios térmicos; asimismo, proporciona información también para el diseño por el arquitecto de las juntas de movimiento (ingeniería por Professional Consultants International)

La modelización informática es actualmente una herramienta de diseño económico viable para la mayoría de los arquitectos e ingenieros, y el uso de este método de ingeniería debería convertirse en un procedimiento y un requisito estándar para el diseño de sistemas “estructuralmente indeterminados”, como el revestimiento cerámico arquitectónico adherido (figuras 8 y 9). El uso de métodos de diseño científicos permite a los arquitectos e ingenieros cuantificar la localización y la magnitud de la tensión en el conjunto del revestimiento cerámico, y tomar decisiones informadas de ingeniería con relación a la selección de los adhesivos de colocación, membranas flexibles y la localización de las juntas de movimiento de la misma forma que se diseña y elabora por ingeniería un sistema estructural de hormigón.

Aunque este recurso debería mejorar el resultado de las aplicaciones de revestimiento cerámico adherido, esta innovación, al igual que otros métodos científicos establecidos, debería ser acogida por la industria cerámica como requisito integral para el diseño de este sistema; cualquier cosa de nivel inferior mantiene a la industria en el mismo camino de los problemas crónicos y de la percepción

arquitectónica negativa; la industria cerámica necesita tomar realmente decisiones atrevidas sobre la integración y la ingeniería del sistema para poder superar la incertidumbre que la mayoría de los arquitectos expresan al considerar la baldosa cerámica como material de revestimiento arquitectónico.

Productos del plano de drenaje del agua – La infiltración del agua hacia el interior y su encapsulación detrás del revestimiento cerámico adherido directamente se ha convertido en un problema crónico, y la industria cerámica no ha conseguido ningún avance en los últimos 10 años sobre un esfuerzo concertado para solucionar este problema. El revestimiento cerámico adherido es esencialmente un sistema de tipo barrera que no es impermeable. En muchos casos, la infiltración del agua genera únicamente la acumulación de eflorescencias, a menudo sin afectar el funcionamiento normal de un sistema de revestimiento cerámico. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que las eflorescencias inciden negativamente en la belleza fundamental y el entusiasmo de diseño de las baldosas cerámicas y, como consecuencia, los arquitectos son a menudo reacios a utilizar la baldosa como revestimiento arquitectónico a menos que se les ofrezcan soluciones probadas para minimizar o eliminar el agua encapsulada detrás del revestimiento cerámico (figura 10).

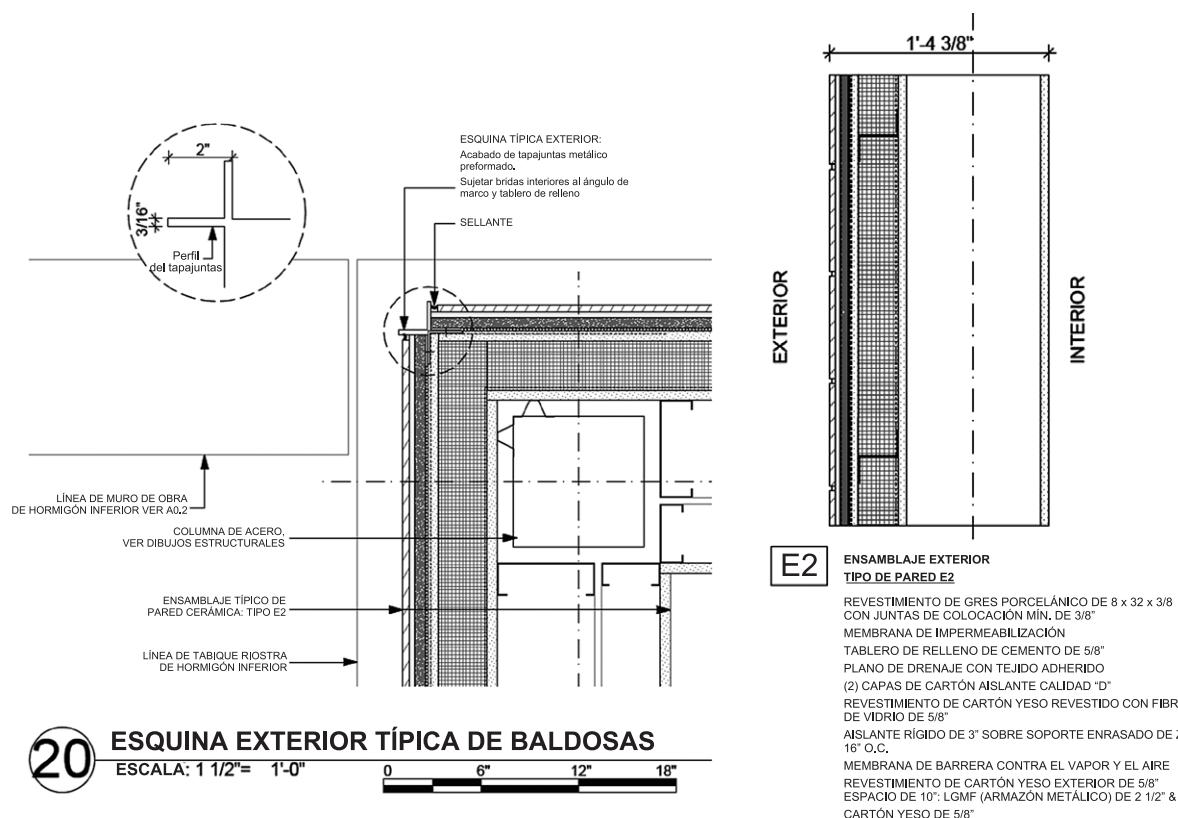


Figura 10 – El plano de drenaje interior detrás del ensamblaje de revestimiento cerámico de pared puede impedir las eflorescencias y los daños en climas con temperaturas bajo cero

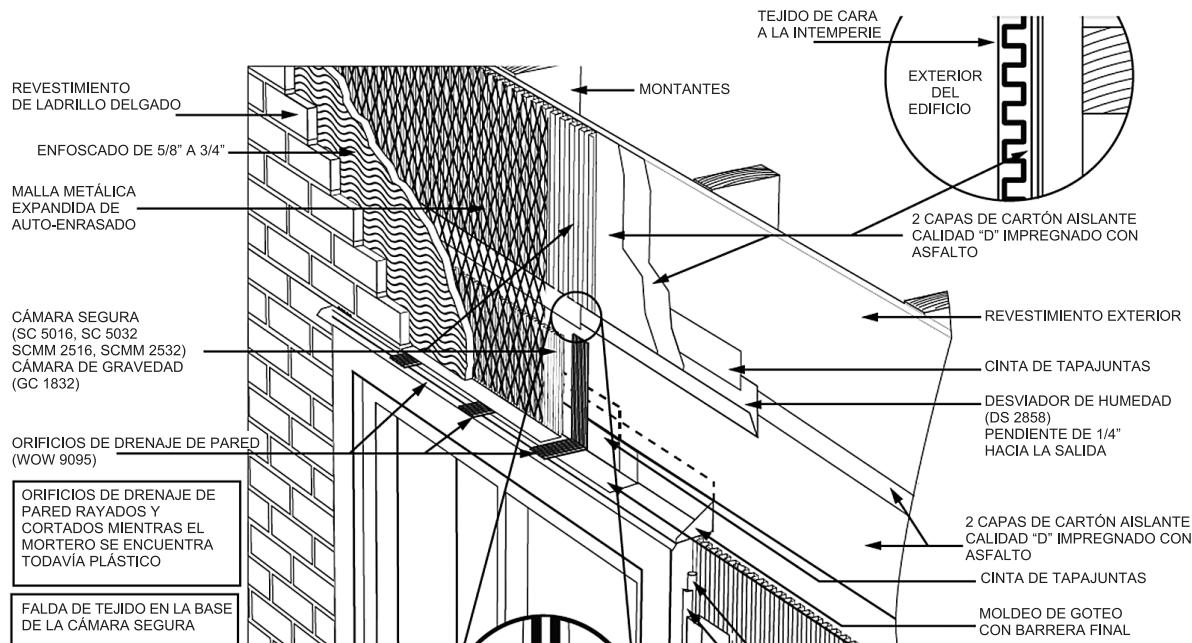


Figura 11 - Detalles del revestimiento cerámico adherido directamente con la incorporación de un plano de drenaje del agua interior, integrado con orificios de drenaje y tapajuntas de metal

La infiltración del agua detrás del revestimiento cerámico que genera fugas de agua interior, agrietamiento de las baldosas y el fallo adhesivo en climas con temperaturas bajo cero también sigue siendo un problema crónico; con todo, ha habido poco progreso a la hora de incorporar soluciones existentes o de innovar en soluciones nuevas. La mayoría de los arquitectos no considerarán la baldosa cerámica como revestimiento arquitectónico en climas con temperaturas bajo cero, a pesar del hecho que cuando se construyen con la consideración climática apropiada, estos sistemas son funcionales, duraderos y hermosos.

Ante todo, el éxito futuro del revestimiento cerámico arquitectónico adherido directamente dependerá del reconocimiento que la infiltración del agua detrás del revestimiento cerámico es inevitable, y que los productos cerámicos y los productos de la colocación deben diseñarse para poder incorporar un plano hidrófugo de drenaje y una membrana impermeable integral. Afortunadamente, existen muchos tipos de productos probados de drenaje ya en uso con otros tipos de sistemas de pared exterior de tipo barrera, como el estuco de cemento y los sistemas de acabado de aislamiento exterior (EIFS) (figuras 10 y 11). Los planos de drenaje del agua también pueden solucionar problemas de aislamiento del movimiento del edificio, así como facilitar la integración y funcionamiento apropiados de las juntas de movimiento.

4. EL FUTURO DE LA BALDOSA CERÁMICA EN LA ARQUITECTURA

Dado tanto las innovaciones prometedoras como el progreso decepcionante a la hora de solucionar ciertas cuestiones técnicas a lo largo de los últimos 10 años, la baldosa cerámica sigue bien posicionada para convertirse en uno de los materiales arquitectónicos sostenibles más importantes del siglo XXI... verdaderamente la mezcla perfecta de arte y ciencia en la mente de la mayoría de los arquitectos e ingenieros. Si la industria cerámica puede seguir desarrollando su legado de innovación de producto, resolver las cuestiones técnicas urgentes para los arquitectos y los usuarios finales, y adaptarse al paradigma arquitectónico cambiante de materiales de construcción como sistemas integrados y no productos individuales, confío en que mi presentación de QUALICER 2022 proclamará los sistemas de revestimiento cerámico como uno de los desarrollos más significativos en la arquitectura sostenible de los últimos 10 años!

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Iencinella, D.; Centurioni, E., "Effective integration of photovoltaics into the built environment". Institute for Microelectronics and Microsystems (CNR-IMM) , Bologna, Italy 2009
- [2] ABREU, M.; LEITAO, V; LUCAS, C " Modeling the Behavior of Ceramic Tile Coverings", QUALICER 2004, Castellon, Spain
- [3] BOWMAN, R; BANKS,P, "The Crucial Need for Computer Modeling of Tiling Systems:, QUALICER 1996, Castellon, Spain