

Patrimonio industrial: problemática de cubiertas de ladrillos cerámicos huecos en zona sísmica

Gerardo González del Solar^{1,2,a}, Noemí Graciela Maldonado^{1,b} y Pablo Martín^{1,c}

¹ CeReDeTeC, FRM - UTN, Rodríguez 273, Mendoza, Argentina

² CONICET, Argentina

^agerardo.gdelsolar@frm.utn.edu.ar, ^bngm@frm.utn.edu.ar, ^cpablo.martin@frm.utn.edu.ar

Palabras clave: losetas, cerámica, patología, durabilidad, lixiviación

RESUMEN

El mantenimiento edilicio es una necesidad clave para mantener la integridad estructural en todas las construcciones a lo largo de su vida útil y las destinadas a uso industrial no escapan a esta regla. Las cubiertas de ladrillos cerámicos huecos constituyen un claro ejemplo, donde la ausencia de medidas de mantenimiento afecta el comportamiento estructural, causando pérdidas materiales y humanas. Esta problemática se presenta después de más de treinta años de uso de este tipo de cubiertas conformadas por losetas cerámicas, uno de los primeros sistemas industrializados masivos aplicados a la construcción, que se volvió popular en el oeste argentino en construcciones de viviendas, y que en el caso de construcciones industriales, los problemas se magnifican debido a sus grandes luces. Se presentan los antecedentes de la tipología de cubierta, las condiciones de uso y las patologías presentadas durante la inspección. Se evalúa en laboratorio el comportamiento de los materiales utilizados: cerámicas, aceros, aislaciones térmicas e hidráulicas con el objeto de obtener parámetros para modelar el estado de daño y para estimar la vida útil remanente con las recomendaciones de uso para continuar con la puesta en valor en una zona de importante riesgo sísmico.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de abaratar costos del hormigón ha implicado el uso de técnicas constructivas cuya vida útil se está comprobando actualmente. El uso del ladrillo cerámico hueco en losas para alivianar pesos y en muros se convirtió en alternativa viable de aplicación, pero en zona sísmica el comportamiento de este material es de gran fragilidad al momento de rotura [1] bajo acción sísmica. Las condiciones ambientales también son significativas a la hora de mantener estos materiales, que si bien algunos han permanecido en el tiempo, los ciclos de secado-desechado, frío-calor, congelamiento-deshielo impactan en el comportamiento de los mismos.

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

Las losas conformadas por ladrillos cerámicos con armadura en la parte inferior es una técnica utilizada en todo el oeste argentino para las viviendas en reemplazo de la losa de

hormigón armado. Desde el punto de vista sísmico, cuanto menos pese la estructura mejor comportamiento tendrá. En este caso se han utilizado los ladrillos cerámicos cocidos huecos (Fig.1) y como armadura para absorber la flexotracción se ubican aceros redondos en las orejas inferiores dispuestas para tal función y un redondo para armado en la zona central superior, la que deberá recubrirse con mortero cementicio para dejar colocada la armadura y para poder movilizar la loseta armada a su posición en la cubierta. El ladrillo cerámico presenta una elevada impermeabilidad al agua de lluvia, como se ha verificado en laboratorio de ensayo de materiales. Esto implica que si bien es difícil humedecerlos, también mantienen la humedad por largo tiempo, favoreciendo un ambiente propicio para la corrosión de las barras de acero



Figura 1: Sección transversal del ladrillo cerámico y ensayo de absorción de agua de lluvia.

Las cubiertas de las viviendas, en algunos casos han incluido una aislación hidráulica inadecuada en la parte superior, incluso la utilización de morteros de pendiente alivianados con contenidos de sulfatos de alto grado de agresividad y en la parte inferior se ha colocado un revestimiento adherido de yeso. Esta combinación de condición ambiental y materiales han dado por resultado la corrosión de las armaduras inferiores como se evidencia en el daño que se indica en la Fig. 2, con fisuración en la misma dirección de las armaduras y saltado de las esquinas de las orejas del ladrillo. En algunos casos, se ha producido la caída de la cubierta, en especial en el caso que la misma no tuviera viga de borde o que el apoyo fuera deficiente. La rotura de esta cubierta se caracteriza por la rotura frágil y sin aviso con el desplome de las tapas inferiores. En la Fig. 2 se presenta una solución arquitectónica del sistema de cubierta, aprovechando al máximo el mecanismo de flexión de la cubierta.



Figura 2: Estado de daño de cubierta cerámica hueca y ejemplo de reparación del daño

En España se detectó una situación similar por el uso de cemento aluminoso de las décadas del 50-70 [2] en viguetas pretensadas. La principal dificultad que encuentran los

técnicos frente a estas patologías es evaluar la seguridad remanente y los criterios de aceptación necesario para aconsejar qué medidas adoptar, desde medidas de protección hasta el apuntalamiento, desalojo y/o demolición.

No existe normativa específica a nivel nacional ni internacional que trate el tema de la reparación. Hay distintos manuales de refuerzo y reparación que compendian el estado del arte de la corrosión [3, 4]. El Capítulo 11 del Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte 1 [5] incluye algunos criterios aplicables respecto al valor de la reparación, calidad del material y capacidad de carga, llegando a estimar un nivel de seguridad.

En el caso de instalaciones industriales, las luces a cubrir son mayores a 10 m y la forma de la cubierta presenta una flecha significativa. Desde el punto de vista estructural en estos casos la simplificación del comportamiento de barra, identificada por su línea neutra no consigue describir el trabajo mínimo de la estructura (Fig. 3). Aparecen el efecto de arco o el efecto membrana, la formación de bielas y tirantes y la transmisión espacial de las cargas (Fig. 4). Los nervios aislados se comportan totalmente diferentes al trabajar en conjunto, por lo que los requerimientos normativos nacionales requieren información sobre el trabajo del conjunto [6].

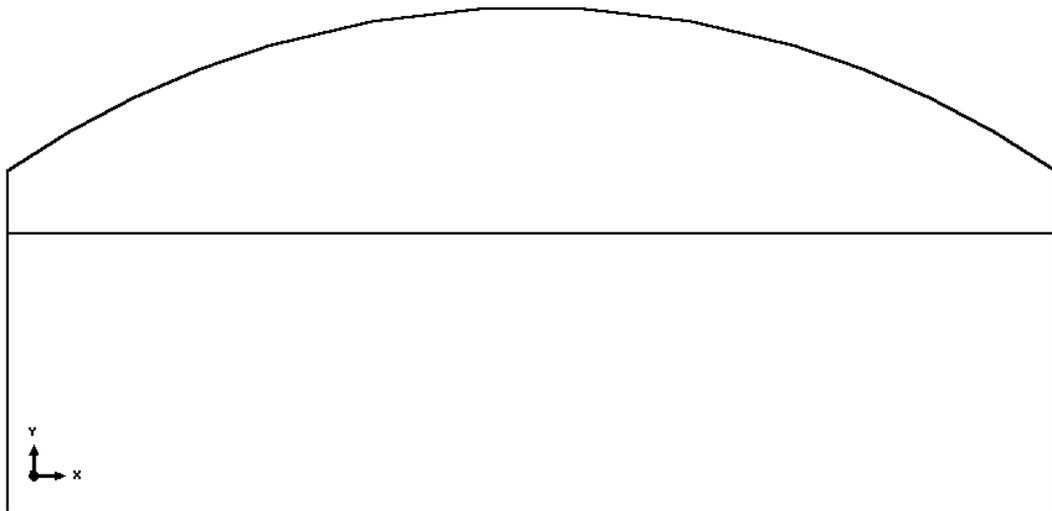


Figura 3: Esquema tradicional de diseño estructural de cubierta cerámica hueca (esc. 1cm:1.05 m)

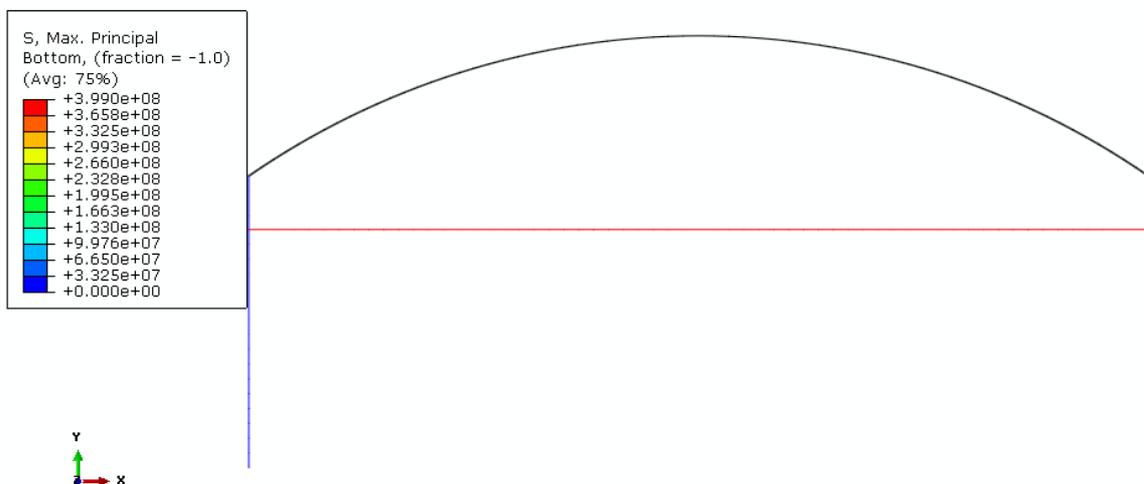


Figura 4: Estado tensional de los componentes estructurales de un galpón en N/m^2

Las condiciones de mantenimiento en estas cubiertas industriales son importantes para lograr la vida útil especificada o esperada. La temática recurrente de no especificar en planos la vida útil estimada en construcciones industriales (galpones, bodegas, etc.) y que se mantienen en uso por más de 50 años, con mínima atención y máximo rendimiento, implican una problemática de estudio a la hora de mantener en pie dicha construcción, debido a las problemáticas que se generan tanto por el uso como por el abandono (Fig. 5), [7]. Con esta edad y con condiciones ambientales modificables, las problemáticas de corrosión de armaduras de flexión se agudizan. Las causas se encuentran en la baja calidad resistente de los materiales cementicios empleados, el uso industrial per se como pueden ser condiciones de frío o calor que condensan vapor y se incorporan en la cubierta por la parte inferior de la misma (cámaras frigoríficas, fundiciones, etc), incompatibilidad de materiales y deterioro o ausencia de protecciones hidráulicas en la cubierta exterior.



Figura 5: Estado de un galpón con cubierta cerámica, antes y después de derrumbe [7]

En el Gran Mendoza, todavía subsisten varios edificios industriales con esta tipología estructural, cada uno de ellos a lo largo de la historia ha tenido un mantenimiento acorde a la función industrial que se llevaba a cabo bajo el mismo.

En la Fig. 6 se observa una pequeña cubierta que alberga las instalaciones de una fundición de bronce. Si bien, el mantenimiento no ha sido óptimo, se han cuidado las condiciones de impermeabilidad, dado que resulta fundamental a la tarea desarrollada bajo el mismo



Figura 6: Cubierta de establecimiento de fundición de bronce

Se observan algunas eflorescencias, producto de que alguna vez tuvo filtraciones, que fueron subsanadas en Fig. 7.



Figura 7: Eflorescencias por filtraciones

En la Fig. 8 y 9 se presenta una estructura industrial en funcionamiento que alberga una fábrica de envases de cartón corrugado [8]. En este caso se presenta un diseño estructural con asimetría no habitual para zona sísmica, donde se ha resuelto en forma muy adecuada la posición del tensor de la cubierta, a diferencia de lo presentado en la Fig. 4 que resultó en el derrumbe presentado en la Fig. 5.



Figura 8: Vista exterior de cubierta de mampostería cerámica [8]



Figura 9: Cubierta de mampostería cerámica [8]

La supervivencia de estos edificios industriales, que todavía hoy siguen prestando servicios se debe fundamentalmente al mantenimiento realizado durante su vida en servicio. En el caso de las dos últimas industrias mostradas, el ingreso de humedad resulta crítico en el proceso productivo, por lo tanto a lo largo de su vida útil se mantuvieron íntegras las aislaciones hidrófugas en la cubierta.

CONCLUSIONES

Las condiciones de mantenimiento que han tenido las cubiertas cerámicas en establecimientos industriales antiguos es condición imprescindible a la hora de poner el edificio en valor en zona sísmica.

REFERENCIAS

- [1] Maldonado N.G, Michelini R.J. y Olivencia L.A. (1997), "Análisis experimental de la degradación de mampostería encadenada para diseño estructural sismorresistente". En: Memoria XXVIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. pp. 299-308
- [2] Gil E., Vercher J., Mas A., Fenellosa E. (2015), "Seguridad remanente a flexión en forjados con corrosión en las viguetas". Informes de la Construcción, 37(537):e054, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/IC.13.084>
- [3] CYTED (1998).Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado. 208 p.
- [4] RED REHABILITAR (2007). Manual de reparación, protección y refuerzo de estructuras de concreto.
- [5] INTI-CIRSOC (2013).Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes. Parte 1 Construcciones en general.108 p.
- [6] Norma IRAM 11563 (1971).Losetas aglomeradas con cemento.
- [7] Diario Los Andes. 07/06/2016. El día después del trágico derrumbe: evacuados y vecinos en alerta.
- [8] <http://www.smurfitkappa.com/vHome/ar/Mendoza>