

Proyecto Final de Carrera
Modalidad Científico-Técnico

ESTABILIDAD DE LAS FÁBRICAS DE LADRILLO, ANÁLISIS SEGÚN EL CTE



Autor:
Antonio Cruz Ros

Titulación:
Arquitecto Técnico

Director de Proyecto:
Enrique David Llacer

Junio 2011

RESUMEN

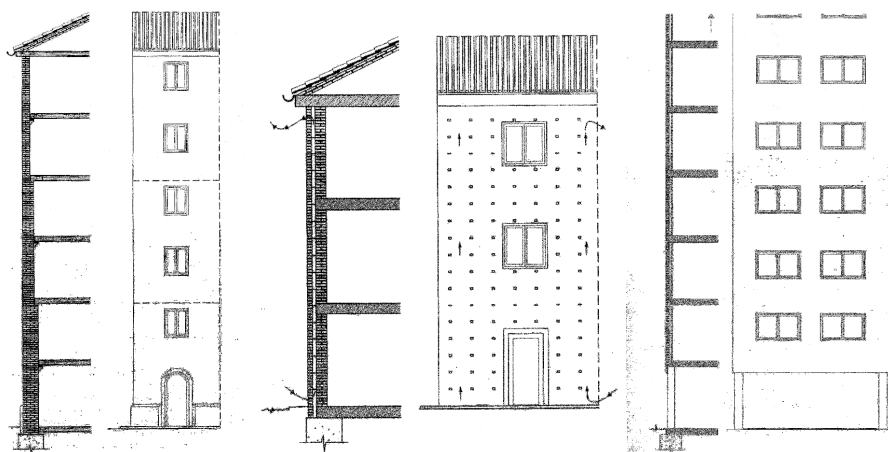
Los cerramientos de ladrillo cara vista representan una de las unidades constructivas más importantes en las obras de edificación. Paradójicamente, sus prestaciones, soluciones y especificaciones técnicas no han sido suficientemente consideradas en la normativa de obligado cumplimiento de las últimas décadas. La forma de concebir, proyectar y construir los cerramientos de fachada ha evolucionado sin el respaldo que supone una evolución en el mismo sentido de la normativa o, al menos, de sus reglas de aplicación.

Con la entrada en vigor del nuevo Código Técnico se hace necesaria una nueva visión en la forma de ejecutar los cerramientos de ladrillo, para ello la nueva normativa ha redactado un documento básico únicamente dedicado a las fábricas de ladrillo, referenciando a esta también en los demás documentos básicos de la norma.

Este compendio de documentos de la norma nos obliga a concebir nuevas formas de proyección y ejecución de los cerramientos de ladrillo y es especial atención del cual deriva esta investigación de las fachadas de ladrillo. La razón de esta investigación sobre las fachadas de ladrillo viene dado por la aportación que hace el Código Técnico a la hora de referenciar en uno de sus artículos la acción horizontal de viento sobre los cerramientos de fábrica.

La concepción inicial de las fábricas de ladrillo y su paso evolutivo a lo largo de la historia es la razón por la cual en la actualidad arrastramos unas deficiencias constructivas en la ejecución de las fachadas de ladrillo que se han acrecentado en los últimos años debido principalmente a la gran evolución sufrida por nuestras estructuras, las cuales nos aportan una deformabilidad muy superior a sus orígenes y a las alturas acrecentadas notablemente por los edificios que hoy en día se llevan a cabo.

En esta investigación se va a echar la vista atrás para poder comprender el sistema de construcción de nuestras fachadas actuales de doble hoja, que no es otro que la derivada mal conceptuada del Cavity Wall europeo. Ese error de concepción nos ha llevado a que en la actualidad y debido a las nuevas construcciones en altura de los edificios, no sea posible desde el punto de vista estructural, mantener la idea de ejecución de las fachadas, tal y como hoy en día se realizan.

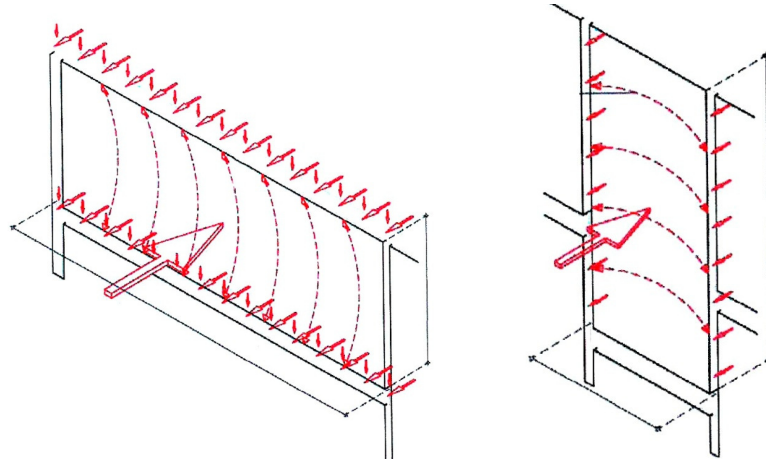


Evolución de los cerramientos de ladrillo

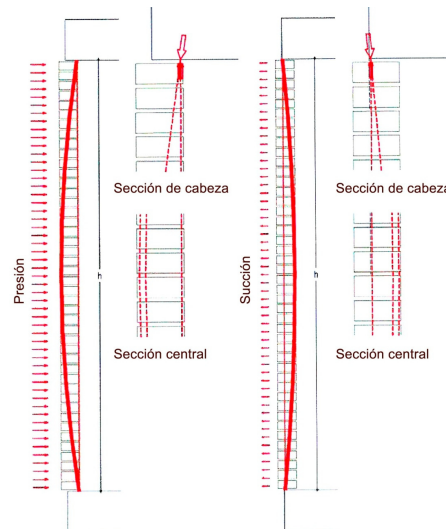
Posteriormente una vez inmersos en el propio Código Técnico, se propone estudiar el comportamiento de los cerramientos de ladrillo ante las acciones laterales locales para demostrar con unas simples fórmulas establecidas en el propio Documento Básico SE-F dedicado a las fábricas de ladrillo, que la relación entre la estructura y la fachada de ladrillo tal y como está concebida hoy en día, se hace necesario aportar una serie de modificaciones en la idea de los detalles proyectados en los puntos singulares de interacción de los dos aspectos constructivos constituidos por la estructura y la fachada, si queremos que sea estable el cerramiento ante las acción horizontales de viento.

La relación que existe entre la estructura del edificio y los cerramientos de fachada es el punto más crítico que encontramos en la ejecución de las fachadas y es el origen de muchas de las patologías existentes en ellas, es por ello que en el proyecto se abordarán los temas relacionados con la conjunción de estos dos elementos estructura – cerramiento, para poder analizar posteriormente cuales son las soluciones constructivas más adecuadas que se propondrán como resultado del análisis de la investigación

En la norma nos explica la capacidad de resistencia en arco de los cerramientos de ladrillo, debido a que la manera de ejecución de las fachadas actuales de ladrillo pasa por estar confinada entre los elementos estructurales y a través de esa premisa se ha de volver a revisar cuando dicho cerramiento es capaz de soportar las presiones de viento o cuando podemos saber que el cerramiento agotará dicha resistencia, colapsando así nuestra fachada.



Funcionamiento de los cerramientos según placa o viga



Funcionamiento en arco del cerramiento de fachada

En el proyecto se analiza a través del análisis del artículo referido a las acciones laterales locales, situado en el DB SE-F unos ejemplos de estabilidad de las fachadas, situadas en dos zonas distintas y por tanto con dos condiciones de entorno diferentes para analizar la influencia del viento en la estabilidad de las fachadas, siguiendo el funcionamiento en arco de resistencia de las mismas que nos explica el propio documento y se realiza un cálculo derivado de las fórmulas establecidas en los diferentes documentos de la norma, para obtener una tabla de resultados que nos llevarán a la determinación de las soluciones constructivas propuestas como solución.

	RESISTENCIA (kN/mm2)		
	Viento	Fábrica	
Caso 1	1,17	2,244	Cumple
Caso 2	1,17	1,676	Cumple
Caso 3	1,17	1,348	Cumple
Caso 4	1,17	1,19	Cumple
Caso 5	1,17	1,038	No Cumple

	LONGITUD (m)
Caso límite	4,115

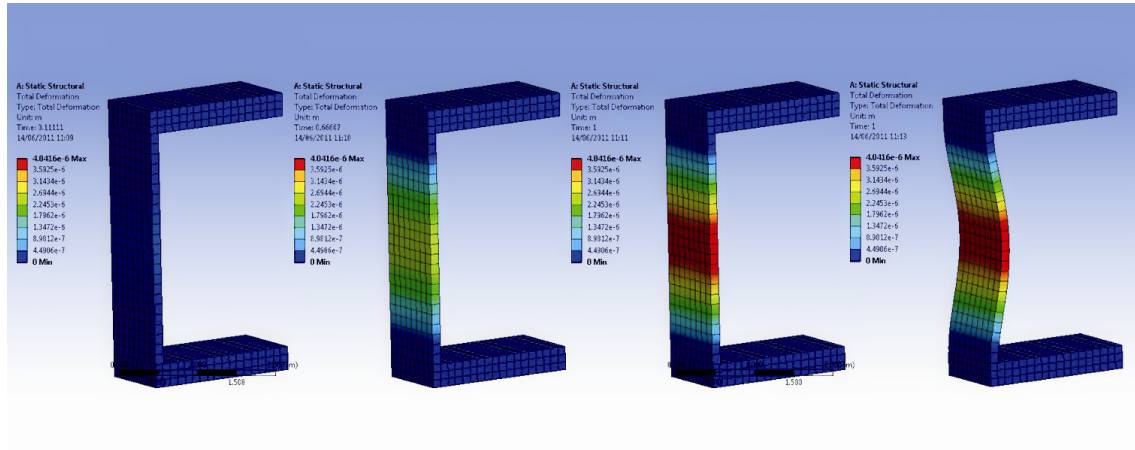
	RESISTENCIA (kN/mm2)		
	Viento	Fábrica	
Caso 1	0,806	1,348	Cumple
Caso 2	0,806	1,19	Cumple
Caso 3	0,806	1,038	Cumple
Caso 4	0,806	0,875	Cumple
Caso 5	0,806	0,672	No Cumple

	LONGITUD (m)
Caso límite	4,33

Tabla de resultados del cálculo de los cerramientos

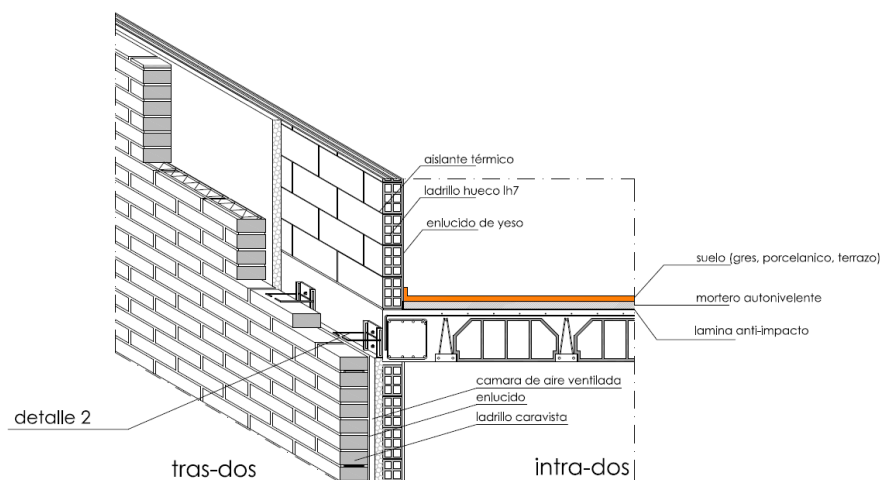
Uno de los aspectos más novedosos de la investigación realizada en este proyecto, es la aplicación del método de elementos finitos, muy utilizado para el estudio de las estructuras de hormigón, donde se podrá analizar los esfuerzos soportados por los cerramientos de ladrillo debido a las presiones de viento. Para ello se dará una visión general del concepto de las estructuras de bielas y tirantes, para posteriormente observar unos ejemplos realizados sobre fábricas de ladrillo ejercidos

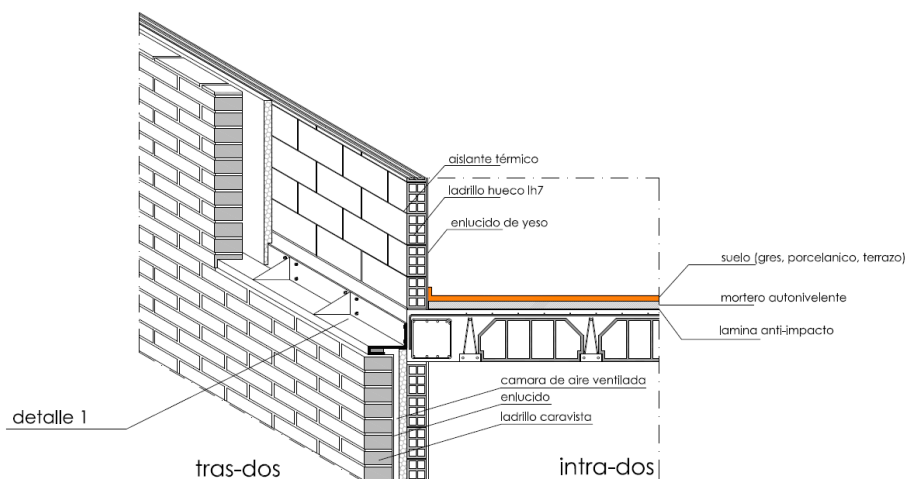
en distintas investigaciones previas. Para finalizar el concepto de elementos finitos sobre los cerramientos de fábrica se realizará un ejemplo propio con los cálculos establecidos en el proyecto para que podamos obtener un análisis muy visual de las tensiones internas producidas dentro de la fábrica, analizado con el programa ANSYS.



Análisis de los resultados

Para concluir la investigación se proponen 4 soluciones constructivas derivadas del análisis previo establecido en este proyecto, dos de ellas hacen referencia a la posibilidad de que la hoja exterior de la fachada este apoyada en la estructura tal y como hoy concebimos la ejecución de las fachadas de doble hoja a la hora de construir y en las otras dos soluciones propuestas separamos la hoja exterior del cerramiento sobre la estructura, aportando elementos externos de apoyo que se hacen necesarias para la estabilidad de las fábricas de ladrillo.





BIBLIOGRAFIA

1. Ejemplo De Cálculo De Muros De Ladrillo, Según El Código Técnico De La Edificación, Septiembre 2006.
2. *Ladrillo Cara Vista En Cerramiento Estructural.*
3. A.M., Fathy; J., Planasand J.M., Sancho. A Numerical Study of Masonry Cracks. *Engineering Failure Analysis*, 2009, vol. 16, no. 2. pp. 675-689. ISSN 1350-6307.
4. ABLANQUE, C.; ALBERTO, J.and FABREGAT, R. *Estudio Experimental Del Comportamiento De Paredes De Obra De Fábrica De Ladrillo Ante La Acción De Cargas Laterales.* Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.
5. ADELL, J. M. *Arquitectura Sin Fisuras.* Madrid: Munilla-Lería, 2000.
6. ADELL, J. M.; and VEGA, S. La Fachada Contemporánea Con Ladrillo: Cerramientos Tipo. *Informes De La Construcción*, 2005, vol. 56, no. 495.
7. ADELL, JM. *La Fábrica Armada.* Munilla-Lería.Madrid, 2000.
8. ADELL, JM, et al. Ensayos De Dinteles De Fábrica De Ladrillo Atirantada Sobre Los Nuevos Apoyos Pi, Distanciados 6m Entre sí, 2008.
9. APARICIO, J. M. *V Premio De Arquitectura De Ladrillo, 1997-1999.* Hispalyt, El Croquis, 2000.
10. ARJONA, F. J. C.; and TOMÁS, Á. M. *Cerramientos De Obra De Fábrica: Diseño y Tipología.* Ed. Univ. Politéc. Valencia.
11. ARROYO, P. La Piel Del Armadillo. *Informes De La Construcción*, 2000, vol. 52, no. 468. pp. 55-60.

12. AVELLANEDA, J. La Necesaria Reconversión De Un Tipo Constructivo= A Necessary Transformation of a Construction Type. *Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme*, 1985, no. 164. pp. 110-113.
13. Carlos Puertas del Rio; and Jose Blanco Perrín. La Estabilidad De Los Cerramientos De Ladrillo, Luces y Sombras, Marzo 2003.
14. CARRIÓ, M. La Evolución De Los Sistemas Constructivos En La Edificación. Procedimientos Para Su Industrialización, 2005.
15. Climent Molins i Borrel. *Un Model Per a l'anàlisi Del Comportament Resistent De Construccions De Maçoneria*. . Pere Roca i Fabregat ed., Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya, Febrero 2006.
16. CRISTINI, V. Estudio De Las Fábricas De Ladrillo En Valencia: Análisis Mensiocronológico y Técnicas De Acabado (s. XVII-XVIII). *Arqueología De La Arquitectura*, 2008, no. 5. pp. 243.
17. DAVID LLÁCER, Enrique. Cálculo De Estructuras Mediante El Método De Las Bielas y Tirantes: Planteamiento y Ejemplos De Aplicación Practica, Octubre, 2009.
18. DAVID LLÁCER, Enrique. Patologías Estructurales y Sistemas De Fachadas En Edificación: Repercusiones En La Aplicación Del Código Técnico De La Edificación, Mayo, 2009.
19. DE BOBADILLA, E. M. Y. F. Cerramientos Convencionales De Fábrica De Cerámica Vista, 2003.
20. DE LA EDIFICACIÓN, C. T. Documento Básico SE-AE–Seguridad Estructural. Acciones En La Edificación, 2003.
21. DE LA EDIFICACIÓN, C. T. Seguridad Estructural: Bases De Cálculo y Acciones En La Edificación.
22. DE LA EDIFICACIÓN, C. T. Ministerio De Vivienda. *Disponible Para Su Descarga*.
23. FREIRE TELLADO, M. J.; and PÉREZ VALCÁRCEL, J. B. Diseño De Nudos En Estructuras De Fabrica: Análisis Comparativo. *Informes De La Construcción*, 2003, vol. 55, no. 487. pp. 23.
24. FREIRÉ, MJ. La Sección Eficaz En La Estructura De Fábrica. *Informes De La Construcción*, 1997, vol. 49, no. 449.
25. FRUTOS, B.; and OLAYA, M. El Sistema De Fachada Transventilada Como Elemento De Contribución Al Control De La Transferencia De Energía En El Cerramiento Del Edificio. *Frío-Calor y Aire Acondicionado*, 2005. pp. 42.
26. GARCÍA, R.; and MANUEL, J. La Fábrica De Doble Hoja En Madrid, Un Siglo De Cerramiento Moderno. *Informes De La Construcción*, 2005, vol. 56, no. 495. pp. 57-71.
27. GONZÁLEZ VALLE, E.; and CALAVERA VAYÁ, A. Los Cuadernos INTEMAC. *Informes De La Construcción*, 2008, vol. 60, no. 510. pp. 49-56.

28. GONZÁLEZ, F. Proyecto De Ensayo En Laboratorio De Un Modelo a Escala Reducida De Edificio De Estructura De Paredes De Carga, 2005.
29. GONZÁLEZ, J. L.; PEIRETTI, H. C.and ESPEJO, S. OBRAS DE FÁBRICA. SOSTENIBILIDAD E INGENIERÍA.
30. GORDON, J. E. *Estructuras o Por Qué Las Cosas no Se Caen*. Celeste Ediciones, 1999.
31. HEYMAN, J. *El Esqueleto De Piedra: Mecánica De La Arquitectura De Fábrica*. Reverte, 1999.
32. HEYMAN, J. *Teoría, Historia y Restauración De Estructuras De Fábrica*. Reverte, 1999.
33. I RIBAS, B.; CASADEMUNT, P.and I MARTINEZ, V. *Reconocimiento, Diagnóstico e Intervención En Fachadas: Línea De Investigación De La Construcción Existente*. , 2000.
34. JAIMES, A. V.; and FABREGAT, P. R. *Modelos Simples Para El Análisis De Muros De Obra De Fábrica Cargados En Su Plano*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2009.
35. JIMÉNEZ, G.; PEDRO, J.and SAN JOSÉ, O. Estudio Del Comportamiento Mecánico De Los Muros no Portantes De Fábrica De Ladrillo, En Fachadas, 2008.
36. LITEAM, E. *Código Técnico De La Edificación. CTE. SE-F. Seguridad Estructural. Fábrica*. Ediciones Liteam SL.
37. LOURENÇO, PB. Simulations of Size Effect in Masonry Structures. *AEDIFICATIO Publishers, Fracture Mechanics of Concrete Structures*, 1998, vol. 3. pp. 2001-2010.
38. MARRERO, M.; DE ARELLANO, A. R.and RUIZ, Y. R. L. Distribución De Tensiones En Fachadas De Azulejos Sujetas a Dilataciones Térmicas. *Editores Asociados*. pp. 259.
39. NORMA, U. 1-1:“Eurocódigo 6. *Proyecto De Estructuras De Fábrica*.Parte, 1996. pp. 1-1.
40. PARDAL, C.; and PARICIO, I. Evolución De La Fachada Ventilada y Propuesta De Futuro. *IAU 2006: Segundas Jornadas Sobre Investigación En Arquitectura y Urbanismo, 21-23 De Septiembre De 2006.Sant Cugat Del Vallès: Escuela De Arquitectura Del Vallès, 2006.*, 2006.
41. PARICIO, I. *La Fachada De Ladrillo*. Bisagra, 1998.
42. PARICIO, I. La Fachada Ventilada Con Ladrillo Cara Vista. *NA*, 1995, no. 2. pp. 37.
43. Pedro F. Miguel Sosa, Miguel A. Fernandez Prada, Jose Luis Bonet Senach, José R. Martí Vargas, Juan Navarro Gregori, M.Carmen Castro Bugallo, Luis Pallarés Rubio. *Proyecto De Estructuras De Hormigón Mediante El Método De Las Bielas y Tirantes*. Ediciones VJ, 2008. ISBN 978-849693782-b.

44. Pere Roca, Climens Molins, Antonio R. Marí. Strength Capacity of Masonry Wall Structures by the Equivalent Frame Method. *Journal of Structural Engineering*, 2005.
45. REYES POZO, E.; CASATI CALZADA, MJand GÁLVEZ RUIZ, JC. Estudio Experimental De La Fisuración De La Fábrica De Ladrillo Bajo Solicitaciones De Tracción y Cortante En Modelos Reducidos. *Materiales De Construcción*, 2008, vol. 58, no. 291.
46. RÍOS, J. A. T., et al. Los Requisitos Del Código Técnico De La Edificación. Eficiencia Energética e Incremento De La Sostenibilidad. Aplicación a Los Edificios De Hormigón. *Revista Técnica*, 2010, vol. 937. pp. 60.
47. ROCA, P. Assessment of Masonry Shear-Walls by Simple Equilibrium Models. *Construction and Building Materials*, 2006, vol. 20, no. 4. pp. 229-238.
48. ROLANDO, A. Resistencia Característica a Compresión De Una Fábrica De Ladrillo En Función De La Resistencia De Sus Componentes. Comprobación Experimental De Expresiones Analíticas De La Normativa Europea. *Materiales De Construcción*, 2006, vol. 56, no. 283.
49. SOTO, S. *Cerramientos Verticales Fachadas*. Planeta Pub Corp, 2005.
50. VEGA, R. Métodos De Análisis Para Verificar La Estabilidad y Resistencia De Los Cerramientos De Ladrillo. *ConArquitectura*, 2004, no. 10. pp. 65.