

## La optimización de las estructuras de ladrillo en las bodegas de César Martinell (1888-1973)

José Ignacio de Llorens Durán

La cantidad de material necesario para construir ha ido disminuyendo progresivamente a lo largo de la Historia. Podría hacerse una lectura doble de la evolución de los sistemas constructivos analizando la cantidad de material necesario para desarrollarlos junto con el recorrido de las cargas. Se observaría una tendencia progresiva hacia el aligeramiento del peso pro-

pio ya que la utilización cada vez mas eficiente del material avanza con la utilización de formas más adecuadas a sus características resistentes (figura 1).

### Volúmenes

El ladrillo no es una excepción en la carrera hacia el aligeramiento y la identificación del recorrido de las cargas. Las construcciones macizas de Ur (figura 2) y Chan Chan (figura 3) utilizan gran cantidad de material, liberan poco espacio y pesan varias toneladas por metro cuadrado. El recorrido de las cargas es prácticamente directo desde el lugar donde se producen. No se identifican visualmente las líneas estructurales, que se ocultan en la masa continua del material.

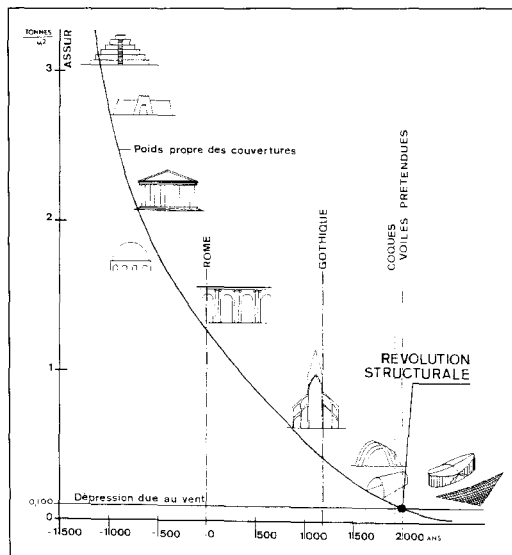


Figura 1  
Evolución del peso propio de las cubiertas (R.Sarger, 1967)

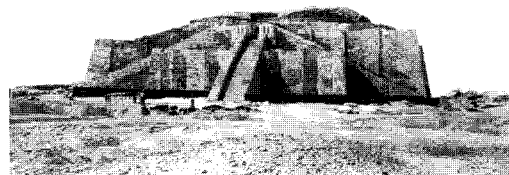


Figura 2  
Zigurat de Ur (2111-2046 a.C.)



Figura 3  
Ciudadela de Tschudi, Chanchán (1200-1440)

### Planos

El primer paso hacia el aligeramiento lo dan el arco, la bóveda y la cúpula. Consiguen liberar espacios mucho mayores formados por la combinación de muros, cada vez más perforados, donde el espesor pasa a ser secundario en comparación con la altura y la longitud. Las cargas circulan a través de planos, curvados o no, se desvían cuando encuentran disconti-

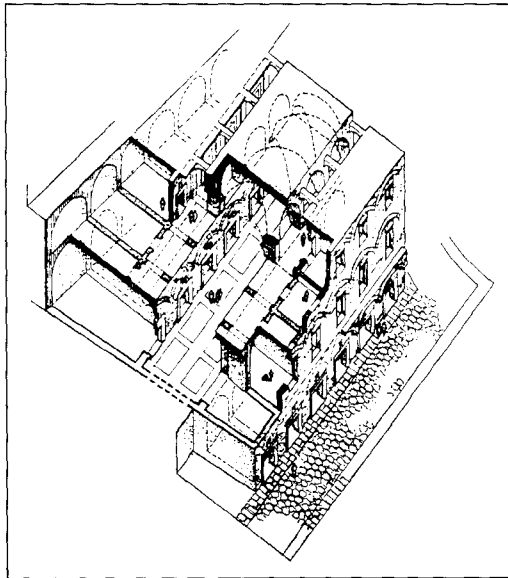


Figura 4  
Mercado de Trajano, Roma (110-112). Vista axonométrica

nuidades, se concentran en jambas, pilastras, machones y lienzos para llegar hasta la cimentación. Se mantienen en el interior de las secciones resistentes gracias a la continuidad de las superficies y el espesor. El peso propio disminuye considerablemente hasta los  $2000 \text{ Kp/m}^2$ . La sala central del mercado de Trajano en Roma ilustra las posibilidades de esta disposición espacial (figuras 4 y 5). Es una bóveda longitudinal atravesada por una serie de bóvedas transversales que reducen los muros laterales del tercer piso a dos filas de pilares que concentran las cargas. Los empujes se transmiten mediante arcos a las galerías exteriores que actúan como contrafuertes.

La carrera del aligeramiento ha vencido dos obstáculos: intersecando bóvedas desaparecen los muros longitudinales y recogiendo los empujes con arcos se aligeran los contrafuertes, que no interrumpen el espacio longitudinal.



Figura 5  
Mercado de Trajano, Roma (110-112). Interior.

### Líneas

A los  $1000 \text{ Kp/m}^2$  llega el estilo gótico con la identificación literal del recorrido de las cargas. Desde el punto de aplicación hasta el cimiento, los nervios, pilares, arcos, arbotantes, contrafuertes, parteluces, pínáculos y torrecillas materializan las líneas en forma de esqueleto estructural. Aunque el material característico de la arquitectura gótica fue la piedra, también se utilizó el ladrillo, sobre todo en Italia y otros lugares como en la Cartuja de Santa María de Montalegre (1410) en Tiana (figura 6).

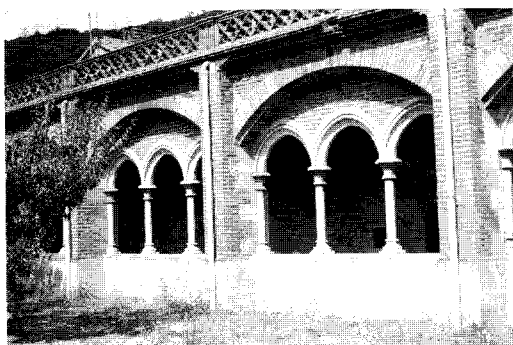


Figura 6  
Cartuja de Santa María de Montalegre, Tiana (1410).

### Arcos diafragma

El gótico civil produjo en los países mediterráneos una adaptación de las naves cubiertas con armaduras de madera características de la tradición constructiva nórdica (figura 7). Se trata de la sustitución de las cerchas por arcos apuntados o no sobre los que se apoyan las correas. Como el arco se prolonga hasta las pendientes de la cubierta y arranca apilastrado desde los muros laterales, forma una boca de escenario que pauta el espacio interior y por ello recibe el nombre de diafragma. Fue el sistema constructivo habitual para las naves, salones, lonjas, hospitales, refectorios y dormitorios colectivos como el del Monasterio de Santas Creus (figura 8).

### La bóveda tabicada

Un paso más en la sustitución de la madera por los materiales pétreos y cerámicos se produjo con el cambio de viguetas y correas por bóvedas tabicadas, cuyo uso conocido desde la Antigüedad, se generalizó en Cataluña a partir de la Revolución Industrial, se incorporó al repertorio estilístico del Modernismo y perduró hasta la desaparición del albañil.

La bóveda tabicada avanza dos pasos más hacia la optimización de la forma y su relación con la cantidad de material. Por una parte sigue la dirección de la carga, con lo que solamente trabaja a la compresión sin necesidad de aumentar el espesor para que la resultante pase por el tercio central. Por lo tanto, aprovecha la resistencia de la totalidad de la sección

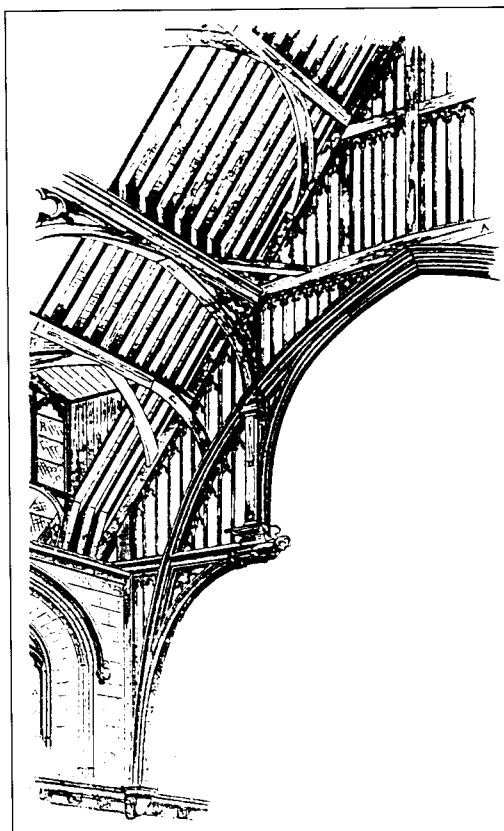


Figura 7  
Westminster Hall según Viollet-le-Duc, Londres (1394-1402).

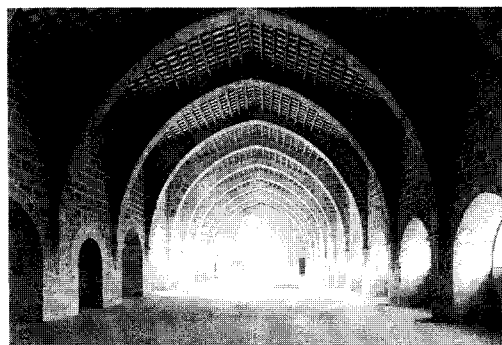


Figura 8  
Dormitorio del Monasterio de Santas Creus. S.XIII.

transversal. No necesita rellenar los senos para evitar que se levanten los riñones y la superficie que se ve es activa ya que toda la plementería es estructural.

Por otra parte, la bóveda tabicada se construye sin necesidad de cimbra. Basta una plantilla de madera o el «sentimiento» del albañil porque la primera hoja, que se forma con rasillas recibidas con pasta de yeso o cemento de fraguado rápido, se aguanta en vilo y hace de soporte de los doblados cruzados o en espina de pez.

La eficacia de la bóveda tabicada se ha manifestado en el gran número de aplicaciones realizadas tanto en cubiertas como forjados y escaleras y las patentes que Rafael Guastavino registró a su nombre en los Estados Unidos (figura 9).

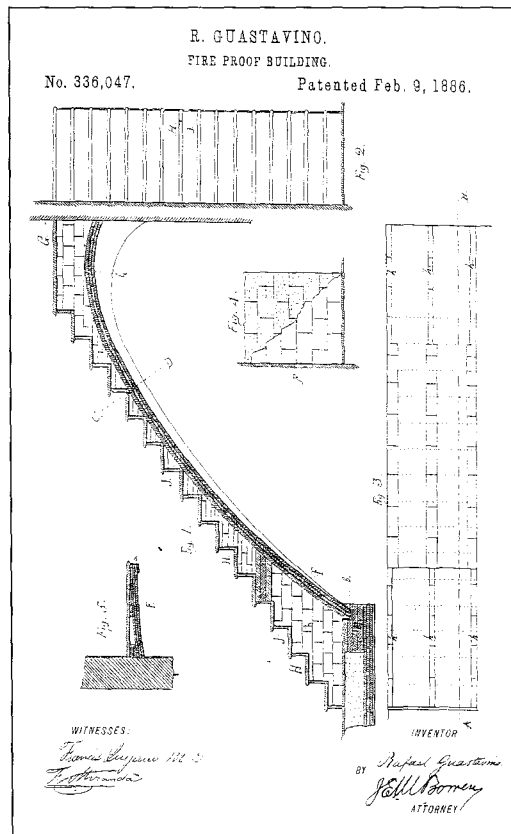


Figura 9

Rafael Guastavino patentó en 1886 la bóveda tabicada bajo el epígrafe «Construcción resistente al fuego».

### El arco funicular

Para simplificar aun más el arco suprimiendo el empuje, «para liberar al gótico de las muletas» que son los contrafuertes, Antonio Gaudí (1852-1926) utilizó el arco funicular, que, si las cargas son gravitatorias y uniformemente repartidas, se aproxima mucho a la directriz parabólica. (figuras 10 y 11)

El arco funicular sigue literalmente el recorrido de la carga. Toda la sección trabaja comprimida. No necesita tirante ni contrafuertes. Es fácil de trazar y de calcular utilizando la construcción gráfica en 2 dimensiones o la maqueta a escala para el estudio tridimensional.

Contribuye además a caracterizar el espacio que configura porque suprime la verticalidad de las jambas y elimina las impostas. La percepción se dinamiza ya que no se encuentra con el aplomo de las aristas verticales ni se detiene en la junta que se forma bajo el arranque del arco sobre el pilar.

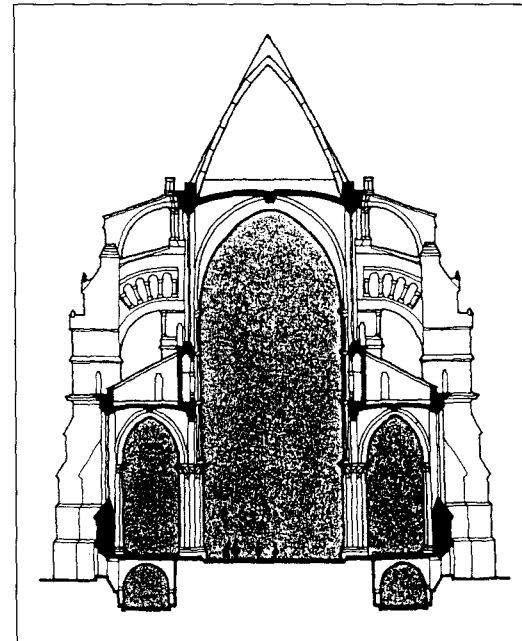


Figura 10

Catedral de Chartres. S.XIII.

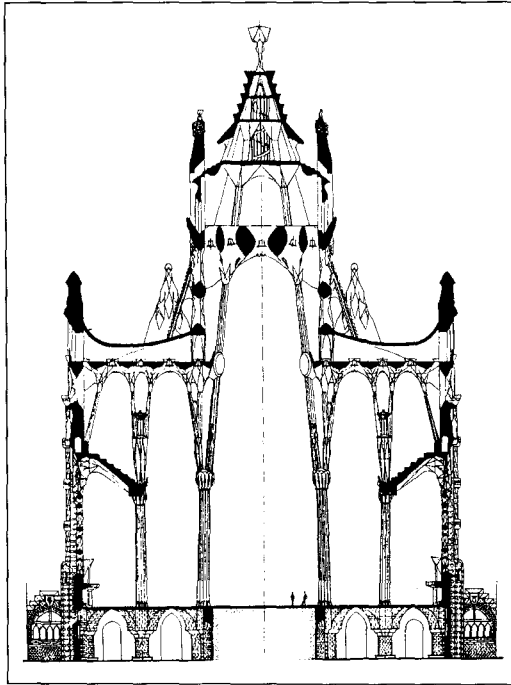


Figura 11  
La Sagrada Família de Barcelona, basada en los bocetos de Antonio Gaudí (1852-1926).

#### LAS BODEGAS DE CÉSAR MARTINELL

César Martinell (1888-1973) en el proyecto y construcción de las bodegas cooperativas, llamadas *Catedrales del Vino*, culmina el proceso de reducción de la cantidad de material necesario para edificar con ladrillo, adoptando las formas más eficientes desde el punto de vista del comportamiento estructural.

Recoge las aportaciones anteriores históricas, tradicionales y recientes, dándose la paradoja de que aprovecha el legado de Antonio Gaudí y del Modernismo para una iniciativa Novecentista propiciada por la Mancomunitat.

Utiliza en la edificación agrícola formas diferentes a las convencionales, que optimizan los recursos y configuran un tipo característico muy vinculado a un uso, un período y una región.

Su solución para las naves de las bodegas consiste en la sucesión de arcos parabólicos de ladrillo contruidos sin cimbra. Las tres primeras hiladas de rasi-

lla, colocadas sobre una plantilla de madera, sirven de soporte de las siguientes de ladrillo macizo (figura 12). El número de hiladas varía con la carga, de manera que disminuye a medida que aumenta la altura (figura 13) Además, para disminuir el peso aun más, aligera las enjutas calándolas con lo que se aumenta la diafanidad y transparencia del espacio interior (figura 14).

La relación flecha/luz va aumentando con el tiem-



Figura 12  
Las tres primeras hiladas de rasilla construidas sin cimbra sirven de soporte a las siguientes. Bodega de Nulles. César Martinell (1919).

po. De inferior a 1 en Rocafort de Queralt (1918) y Gadesa (1918) pasa a superar la unidad en Sant Cugat y Sant Guim (1922). Con ello consigue disminuir la componente horizontal en el arranque y controlar la verticalidad.

La estructura del plano de la cubierta puede ser de viguetas de madera, cabios, tablero cerámico y tejas o enlatado y tejas apoyadas directamente sobre los cabios. Pero también se resuelve con bóvedas tabicadas como el caso de Gadesa, Sant Guim o Sant Cugat. (figura 15)

Los elementos constructivos citados no contribuyen solamente a aligerar el peso y mejorar el trazado de los elementos estructurales ya que configuran el espacio interior.

La sucesión de arcos parabólicos con enjutas caladas marca una pauta longitudinal similar a la de los arcos diafragma del gótico catalán (figura 16).



Figura 13  
El número de hiladas aumenta con la carga. Bodega de Gandesa. César Martinell (1919-1920).

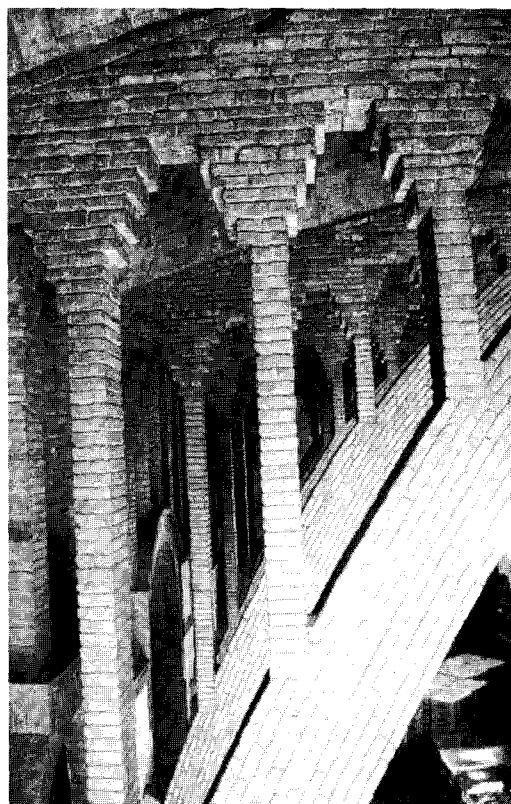


Figura 14  
Enjutas caladas. Bodega de Gandesa. César Martinell (1919-1920)

La cubierta queda relegada al segundo plano de la visión que se encuentra primero con el intradós de los arcos por lo que la delimitación superior del espacio adquiere profundidad (figura 17).

Como las naves se construyen pareadas sin división interior, la diafanidad del espacio favorecida por la altura de los arcos parabólicos, las enjutas caladas y la profundidad del techo se enfatiza con los pilares interiores que neutralizan la linealidad, como ya sucedía en las naves góticas de las atarazanas (figura 18).

El resultado es una forma derivada de la estructura que no solamente queda vista, sino que también configura el espacio interior. La expresión arquitectónica se basa en el sistema constructivo. No se producen superposiciones estilísticas ni decorativas. Se realiza el ideal de la sinceridad constructiva aplicada a un edificio utilitario no exento sin embargo de monumentalidad.

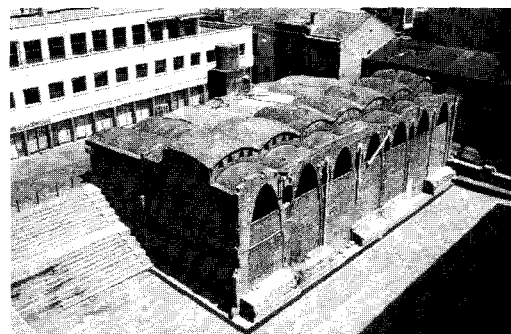


Figura 15  
Bóvedas tabicadas. Bodega de Sant Cugat. César Martinell (1921).

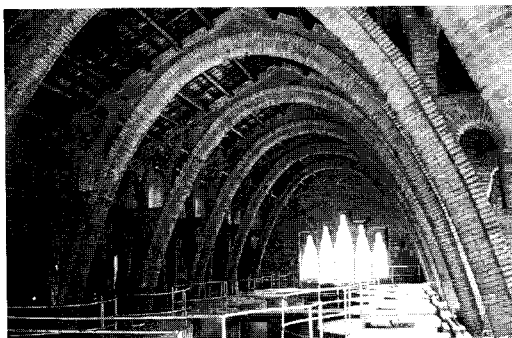


Figura 16  
Los arcos pautan el espacio interior. Bodega de Pinell de Brai. César Martinell (1918-1921).



Figura 17  
El intradós de los arcos delimita visualmente el espacio interior. Los planos de la cubierta lo encerrarán. Bodega de Pinell de Brai. César Martinell (1918-1921).

## CONCLUSIÓN

El sistema constructivo de las bodegas cooperativas de César Martinell desarrolla la Arquitectura de la compresión a partir de los modelos históricos, tradicionales y contemporáneos que tienden a aligerar el peso e identificar el recorrido de las cargas. Se basa en el arco parabólico y la bóveda tabicada sin cimbra. Utiliza la técnica local, conocida y asequible del ladrillo y consigue equilibrar los requerimientos constructivos con el tratamiento del material, la eco-

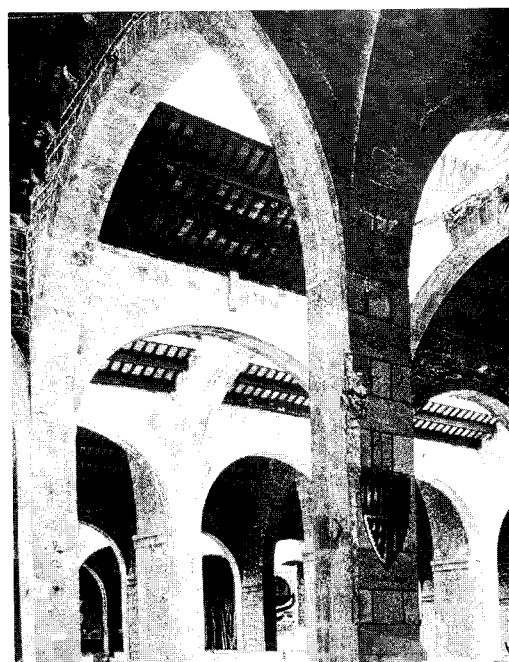


Figura 18  
Las naves adosadas sin división interior neutralizan la linealidad. Atarazanas de Barcelona (1377-1388).

nomía, la forma estructural, la expresión arquitectónica, el uso y la monumentalidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ber, R.: «*El Celler del Pinell i Obra d'en César Martinell*». Associació César Martinell, El Pinell de Brai, 1977.
- Cassinello, F.: «*Bovedas y Cúpulas de Ladrillo*». Manuales y Normas del Instituto Eduardo Torroja, Madrid, 1969.
- Farre, M. C.: «*L'Arquitectura en la Historia de Catalunya*». Caixa de Catalunya, Barcelona, 1987.
- Lacuesta, R.; Llorens, J.: «*César Martinell*». Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Barcelona, 1998.
- S. Lloyd, S.; Müller, H. W.: «*Ancient Architecture*». Electa/Rizzoli, Milano, 1980
- Martinell, C.: «*Construcciones Agrarias en Cataluña*». La Gaya Ciencia SA y Colegio de Arquitectos de Cataluña y Baleares, Barcelona, 1975.
- Sarger, R.: «*Structures Nouvelles*». Cahiers d'Etudes Architecturales nº 1, Bruxelles, 1967.