



Figura 1
Cartel publicitario de «Guastavino & Co.»

que poseyera una empresa buscaba caminos y medios con los que fabricar sus artículos con mayor rapidez y perfección, y a menudo con mayor belleza»

La ponencia resume un estudio de estas patentes, que son un buen lugar para entender los métodos de construcción de la «Guastavino Co.» y su evolución.

LAS PATENTES DE «GUASTAVINO & Co.»

A continuación se citan todas las patentes registradas por Guastavino & Co. en Estados Unidos entre 1885 y 1939⁶.

Cada una de ellas registra un nuevo método de construcción, un avance respecto a un método existente, un nuevo material, etc. El texto original que se conserva en la Oficina de Patentes de Estados Unidos describe estos avances, referidos a una o varias figuras que ayudan a definirlos. Al final del texto hay un listado de todo lo que, dentro de lo descrito, se considera nuevo y se patenta.

Patente nº 323.930: «Construcción de edificios incombustibles». 1886.

Patente nº 336.047: «Edificios incombustibles». 1886.

Patente nº 336.048: «Construcción de edificios incombustibles». 1886.

Patente nº 383.050: «Edificios incombustibles». 1888

Patente nº 430.122: «Construcción de arcos de ladrillo para techos y escaleras». 1890.

Patente nº 464.562: «Construcción de edificios». 1891.

Patente nº 464.563: «Forjado cohesivo». 1891.

Patente nº 466.536: «Forjado cohesivo». 1892.

Patente nº 468.296: «Construcción de edificios». 1892.

Patente nº 468.871: «Construcción de edificios incombustibles». 1892.

Patente nº 471.173: «Arco hueco cohesivo». 1892.

Patente nº 481.755: «Forjado cohesivo». 1892.

Patente nº 548.160: «Ladrillo para edificaciones». 1895.

Patente nº 670.777: «Horno para vidriado de ladrillos». 1901.

Patente nº 915.026: «Estructura de fábrica y acero». 1909.

Patente nº 947.177: «Estructura de fábrica». 1910.

Patente nº 1.052.142: «Estructura de fábrica». 1913.

Patente nº 1.057.729: «Estructura de fábrica». 1913.

Patente nº 1.119.543: «Paredes y techos para auditorios». 1914.

Patente nº 1.197.956: «Material absorbente acústico para paredes y techos». 1916.

Patente nº 1.440.073: «Material acústico para revestimiento». 1922.

Patente nº 1.563.846: «Yeso absorbente acústico». 1925.

Patente nº 1.917.112: «Producto acústico». 1933.

Patente nº 2.143.980: «Estructura suspendida para techos». 1939.

De entre ellas se han elegido 11 por ser más relevantes o por suponer un tipo para otras. Para cada una de ellas se escribe un resumen del texto en que se describen los avances o mejoras que supone la patente. Las figuras que acompañan al texto son las originales entregadas en la Oficina de Patentes para

definir el proceso constructivo o material al que se refiere cada una.

Se han dividido en tres grupos. Las primeras, que datan los últimos años del siglo XIX, registran los tipos tradicionales en la construcción tabicada: bóvedas entre vigas metálicas, bóvedas sobre cuatro arcos y escaleras.

Posteriormente, aparecen otras que mejoran el sistema: formación de huecos para paso de instalaciones en el interior de las bóvedas, construcción de costillas laterales para rigidizar las bóvedas, introducción de barras de acero entre las capas de ladrillo.

Por último, un grupo de patentes se refiere a avances en los materiales: ladrillos corrugados o huecos para formación de bóvedas, ladrillos vidriados y decorados para recubrimiento del intradós, diferentes tipos de piezas y revestimientos con propiedades acústicas.

PRIMERAS PATENTES: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TABICADO PARA FORJADOS Y ESCALERAS.

Las primeras patentes registran básicamente los métodos de construcción que Rafael Guastavino padre había utilizado previamente en Cataluña: escaleras y bóvedas para forjado construidas con varias capas de ladrillo colocado de plano, con las juntas contrapeadas y barras de acero funcionando como tirantes. En todas ellas resalta especialmente el buen comportamiento del ladrillo frente al fuego. La incombustibilidad de las construcciones cerámicas fue una de las razones por las que la *Guastavino Company* prosperó en América, donde la arquitectura tradicional, de madera, era poco resistente al fuego (en Nueva York, durante el siglo XIX, pequeños incendios arrasaban barrios enteros de casas de madera, en 1871 un gran incendio destruyó la ciudad de Chicago).

Patente nº 336.047: «Edificios incombustibles», 1886

Referida a la construcción de edificios incombustibles, especialmente a las escaleras de estos edificios. Además de la resistencia al fuego, Rafael Guastavino destaca su ligereza, solidez y economía.

Esta patente describe una bóveda para escalera formada por dos o más capas de ladrillo recibidas

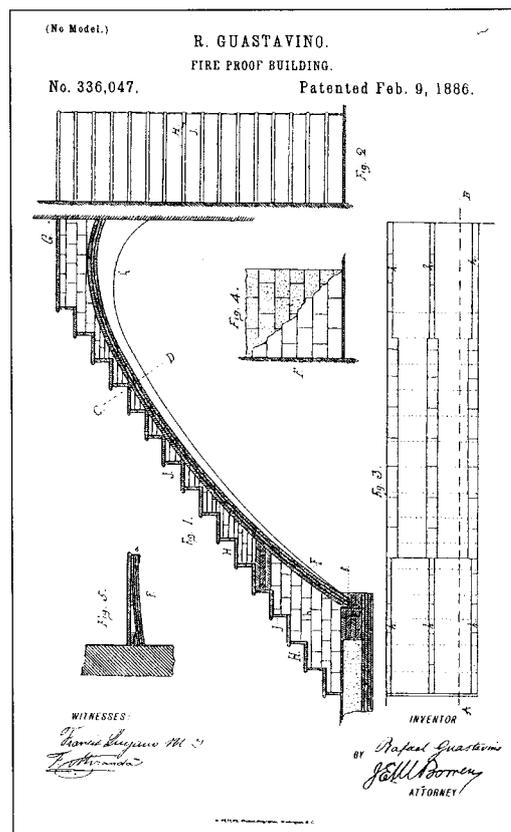


Figura 2
Patente nº 336.047: «Edificios incombustibles»

con cemento o yeso, colocados de plano, con sus juntas contrapeadas, figura 2. La bóveda queda empotrada en una pared en uno de sus lados. En el contrario, se coloca un angular de acero para proteger el borde. La cimentación se construye igualmente con capas de ladrillo y cemento, con la bóveda de escalera descansando en un angular de acero.

Se especifica también el tipo de ladrillo que debe utilizarse para esta construcción: entre $3/4 \times 4 \times 8$ y $1 \times 6 \times 12$. Estas piezas eran habituales en España, pero no debían serlo en Estados Unidos, donde se utilizaba un ladrillo más pequeño y grueso.

Patente nº 464.562: «Construcción de edificios». 1891

Se detalla la construcción de bóvedas tabicadas, bien para forjados o para escaleras, resaltando que no es necesario colocar una cimbra para su construcción, ya que la primera capa de ladrillo que se coloca funciona como tal.

En la figura 3, una de las que acompañan a la patente se define una bóveda con una primera capa de ladrillos con la junta machihembrada y dimensiones de 1»x6»x12, fig 6 en figura 3, que son los que funcionan como cimbra. Esta capa se recibe con yeso en la parte superior de la junta (que quedará protegida por las siguientes capas). La parte inferior de la junta se cubre posteriormente con cemento.

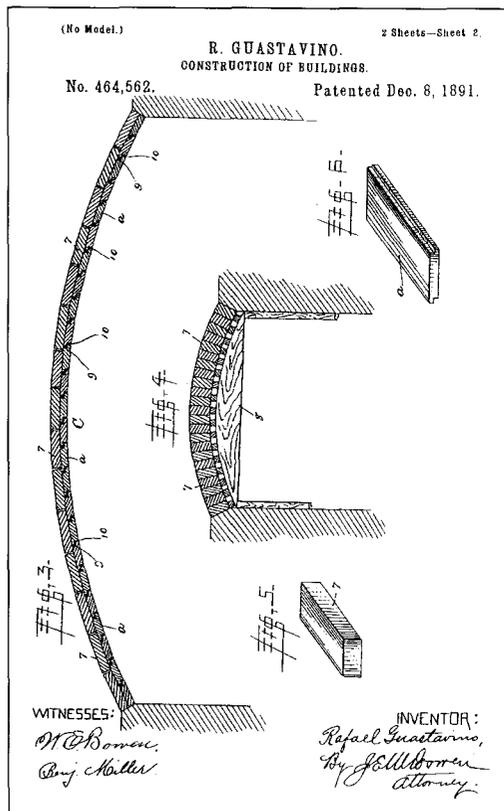


Figura 3
Patente nº 464.562: «Construcción de edificios»

Sobre esta primera capa se colocan otras que pueden ser de ladrillo ordinario, como el de la fig 5 en la figura 3, con las juntas contrapeadas respecto a la primera y recibida con cemento.

El tipo de ladrillo que se propone en esta patente consigue que se use la menor cantidad posible de yeso y siempre protegido por capas de cemento.

Patente nº 336.048: «Construcción de edificios incombustibles». 1886

Esta patente se refiere a un nuevo tipo de forjado, compuesto por una bóveda de cañón tabicada con tirantes de acero.

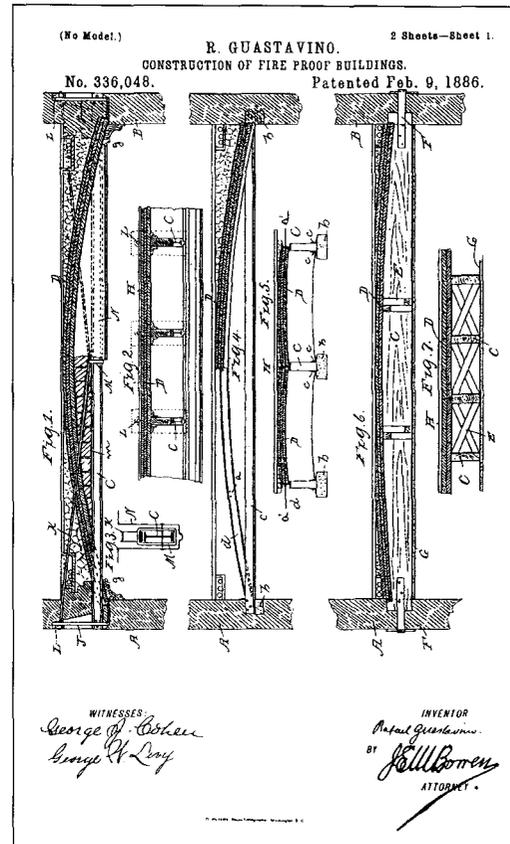


Figura 4
Patente nº 336.048: «Construcción de edificios incombustibles»

En las figuras que acompañan a la patente se describen cinco variaciones de este forjado, adecuadas para grandes o pequeñas cargas y con mayor o menor canto, figura 4.

En todas ellas, el principio básico es el mismo: Se construye una bóveda de cañon muy rebajada, formada por dos o más capas de ladrillo y apoyada en dos muros paralelos. Para contrarrestar los empujes de la bóveda en los muros se colocan cada cierto tiempo unos tirantes de acero anclados a una placa metálica que recorre longitudinalmente el muro. De esta forma considera Rafael Guastavino que se optimiza cada material, la cerámica trabajando a compresión y el acero a tracción.

Por encima de la bóveda de ladrillo se tiende un relleno que sirve de base para el pavimento.

En las distintas variantes de este forjado los tirantes de acero siempre quedan revestidos por piezas cerámicas para que el sistema no pierda su resistencia al fuego.

Patente nº 464.563: «Forjado cohesivo». 1891

Se describe aquí un forjado similar en planteamiento al de la patente anterior: bóveda tabicada con tirantes de acero, pero salvando luces menores, ya que apoyan en dos viguetas y no en los muros perimetrales, figura 5.

Por lo demás, el sistema es parecido: entre las viguetas se tiende una bóveda compuesta por dos o más capas de ladrillo y se colocan unos tirantes de acero atornillados a dichas viguetas.

Para proteger los tirantes desarrolla un pieza cerámica de sección triangular, que sirve también como apoyo para un falso techo.

Por encima de la bóveda se construyen unas costillas de ladrillo que la rigidizan y sobre las que apoyan unos rastreles de madera que sirven de base al pavimento.

Este forjado tiene sus dos caras planas, poco canto y es hueco, de manera que pueden colocarse instalaciones en su interior. Además piensa Rafael Guastavino que el hecho de que las dos capas del forjado estén separadas le proporciona cierto aislamiento acústico (aunque probablemente el sonido se transmite por las costillas que unen ambas capas).

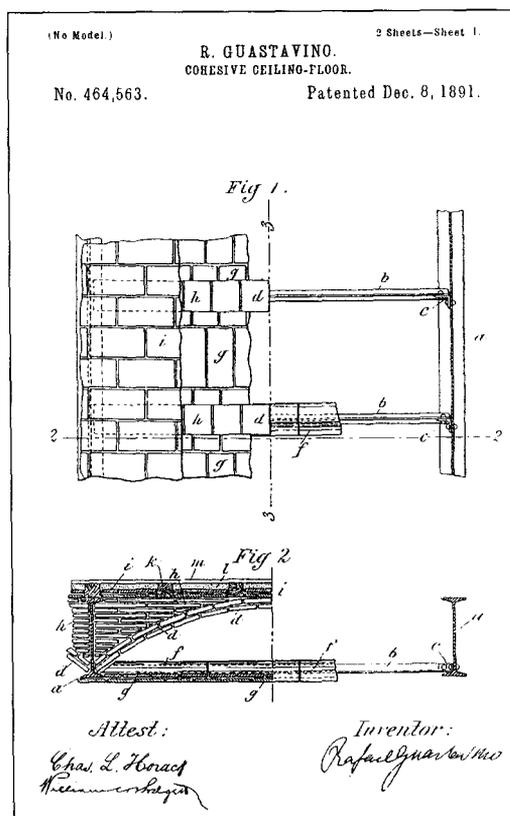


Figura 5
Patente nº 464.563: «Forjado cohesivo»

NUEVOS FORJADOS.

En este grupo de patentes se siguen describiendo variaciones y avances de las bóvedas tabicadas, añadiendo elementos como capas de hormigón o barras de acero embebidas en el mortero, dejando a las capas de ladrillo una función de cimbra permanente.

Patente nº 468.871: «Construcción de edificios incombustibles». 1892

Esta patente, que se refiere a la construcción de arcos y bóvedas en edificios incombustibles, describe una bóveda «romana», formada por una capa de ladrillos que sirve de cimbra para una capa de hormigón que se vierte encima, figura 6.

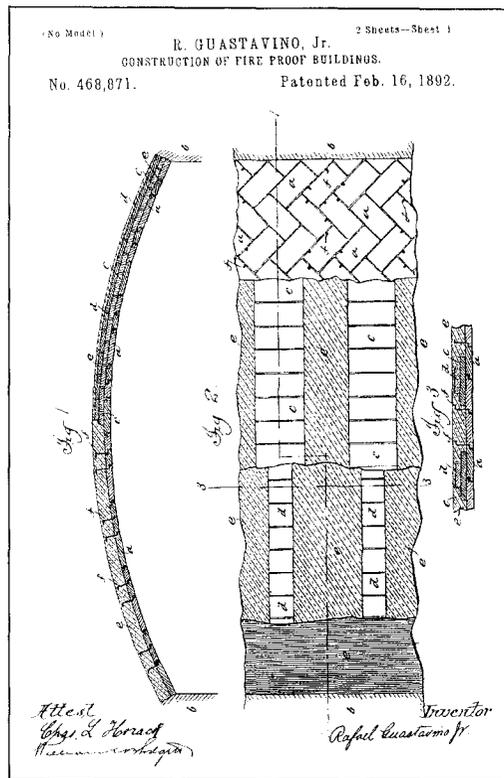


Figura 6
Patente nº 468.871: «Construcción de edificios incombustibles»

Se construye primero una capa de ladrillo utilizando una pequeña cimbra que se retira rápidamente. Para esta primera capa se utilizan los ladrillos descritos en la patente nº464.562

planos y con la junta machihembrada. Para recibirlos se utiliza yeso, solo en la parte superior de la junta vertical. En estas juntas se colocan también unas piezas metálicas que servirán de conectores con el hormigón.

Si la luz a cubrir es muy grande, esta capa se refuerza con unas costillas formadas por varias capas más de ladrillos sobrepuestos. Estas costillas servirán igualmente para que los obreros caminen sobre ellas al verter el hormigón.

Por último, se vierte una capa de hormigón o mortero de cemento sobre la primera de ladrillos

Patente nº 947.177: «Estructura de fábrica». 1910

Define una estructura de fábrica que puede utilizarse para arcos y bóvedas, cúpulas, paredes, etc., formada por varias capas de ladrillo colocado de plano. En la capa de cemento que se tiende entre dos sucesivas de ladrillo se colocan elementos metálicos (barras o pletinas), que funcionan como zunchos absorbiendo las tracciones. Estos elementos deben ser corrugados para mejorar la adherencia al mortero.

Las piezas metálicas colocadas de esta manera quedan protegidas, de manera que la estructura sigue siendo incombustible.

Se describe el método para un cúpula, para una bóveda de cañón y para una pared.

La figura 7 detalla el sistema para una cúpula con óculo o linterna.

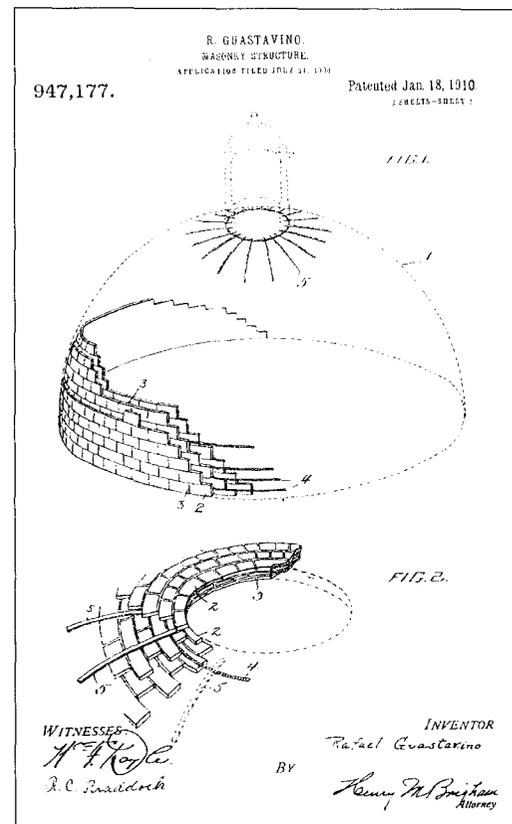


Figura 7
Patente nº 947.177: «Estructura de fábrica»

En el caso de una cúpula construida con este método, aunque las barras metálicas son necesarias sólo formando anillos, más abundantes cerca de la base de la cúpula, para estructuras que soporten una gran carga en la clave se colocan también barras siguiendo los

meridianos (para mejorar la resistencia a compresión), e incluso atando entre sí las diferentes capas de ladrillo.

Esta patente, presenta un concepto muy similar al de las cáscaras delgadas de hormigón armado que se desarrollarán en los años 30.

Todas las capas parecen recibirse con mortero de cemento, no apareciendo el yeso en ningún lugar, quizá porque las barras de acero no podrían colocarse embebidas en un mortero de yeso.

Patente nº 1.052.142: «Estructura de fábrica». 1913

Referida a una estructura de fábrica para arcos y bóvedas en las que sobre un arco construido con ladrillos se vierte una capa de hormigón o mortero de cemento.

En las juntas entre capas de ladrillo se tienden barras de acero corrugado (como en la patente anterior), y se colocan también las mismas barras en la capa de hormigón. Las barras superiores e inferiores se unen entre sí mediante otras barras en espiral, fig 1 en figura 8.

El refuerzo metálico puede estar formado también por una especie de cercha triangulada, fig 2 y fig 3 en figura 8, o por unos perfiles en I embebidos en el ladrillo y unas barras en el hormigón, fig 4 en figura 8.

En condiciones normales, todas las barras longitudinales, que siguen la forma del arco, trabajan a compresión y las que las unen recogen el esfuerzo cortante. Cuando el arco está sometido a grandes esfuerzos y pierde su forma original, aparecen tracciones que resisten las barras inferiores mientras que las superiores siguen trabajando a compresión.

NUEVOS MATERIALES.

Aunque la actividad fundamental de la compañía fue la construcción de cúpulas y bóvedas, la investiga-

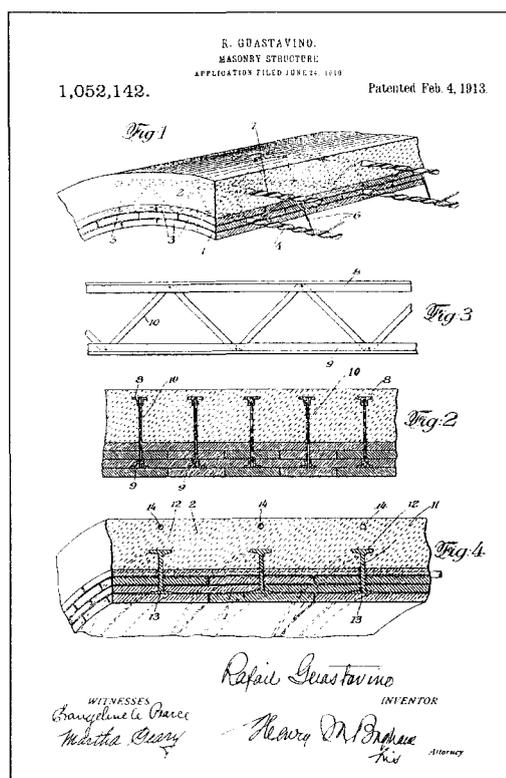


Figura 8
Patente nº 1.052.142: «Estructura de fábrica»

ción de nuevos materiales fue una constante a lo largo de su historia.

Una de las preocupaciones de Rafael Guastavino I desde su llegada a Estados Unidos fue la falta de ladrillos apropiados para la construcción tabicada. En EE.UU. se utilizaban ladrillos llegados desde Holanda e Inglaterra más pequeños, gruesos y pesados que los buscados por Guastavino.

Esto le llevó a fundar su propia planta de fabricación de ladrillos en Woburn, Massachussets, hacia 1900. Esta fábrica les permitió desarrollar nuevas piezas cerámicas que aplicaron posteriormente en sus edificios.

El tipo básico de ladrillos fabricados era corrugado para mejorar el agarre del mortero y de dimensiones $1 \times 6 \times 12 = 2.5 \times 15 \times 30$ cm, es decir, una pieza muy similar a las rasillas que se fabricaban en España. La figura 9 es un bloque formado por seis de estos ladri-

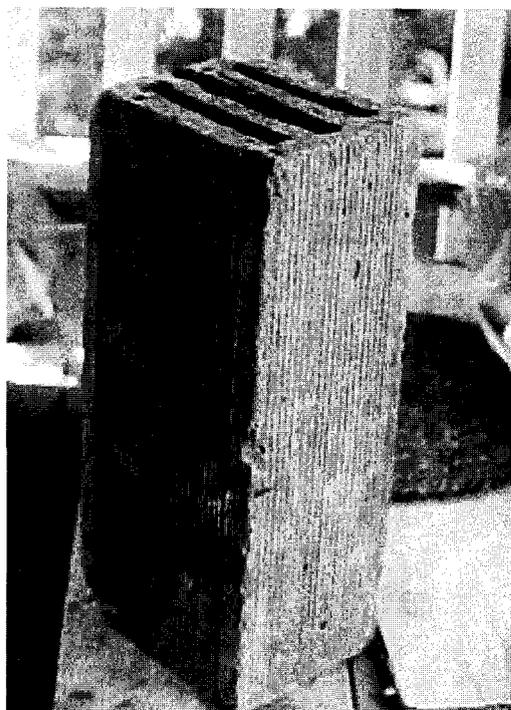


Figura 9
Bloque cerámico de seis ladrillos fabricado por «Guastavino & Co.»

llos agrupados de la manera que llegaban a las obras para facilitar su transporte y manipulación

Este ladrillo, pensado en un principio para ser revestido, se dejó visto en muchas obras a petición de los arquitectos. Al descubrir que el intradós de sus bóvedas podía resultar atractivo empezaron a estudiar piezas específicas para acabado interior: ladrillos vidriados con diferentes colores y tamaños. Estas piezas se hacían a menudo a medida para cada bóveda, siguiendo los planos proporcionados por los arquitectos.

El siguiente campo que abarcó la compañía fue el de los materiales acústicos.

En los últimos años del siglo XIX, Wallace Sabine, un físico profesor de la universidad de Harvard investigó sobre las cualidades acústicas de los diferentes materiales de construcción, asignando a cada uno de ellos un coeficiente en función de la cantidad de sonido que eran capaces de absorber. Este descu-

brimiento tuvo un gran impacto en el mundo de la construcción. Los arquitectos podían saber de antemano cual sería el comportamiento acústico de sus edificios y empezaron a exigir a los fabricantes de materiales de construcción datos sobre el comportamiento acústico de los materiales que fabricaban.

En este momento, Rafael Guastavino II se puso en contacto con Sabine para que le ayudara a desarrollar un ladrillo con un buen coeficiente de absorción acústica.

Entre 1911 y 1920, Wallace Sabine y Guastavino desarrollaron y patentaron dos tipos de ladrillo: «Rumford tile» y «Akoustolith tile» y varios materiales de revestimiento (morteros con base de cemento o de yeso que se utilizaron para mejorar el comportamiento acústico de edificios ya construidos).

Estos productos supusieron un gran éxito para la compañía, que los colocó sobre todo en iglesias en las décadas de 1920 y 1930.

Patente nº 548.160: «Ladrillo para edificaciones». 1895.

Aunque en todas sus anteriores patentes Guastavino habla de la falta de un ladrillo apropiado para su tipo de construcción e incluso en una de ellas, la nº464.562 (1891) describe las dimensiones y forma que debería tener este ladrillo, es en esta patente donde sistematiza la pieza que usa en sus construcciones.

Describe un bloque compuesto por seis ladrillos unidos entre sí para facilitar su transporte. El bloque es un paralelepípedo de planta romboidal, (fig 1 y fig 2 en figura 10), de manera que aloja dos tipos de ladrillo: los de la cara superior e inferior tienen forma de rombo (fig 3 en figura 10), con dos ángulos de 60° y otros dos de 120°. Los cuatro restantes son un rectángulo en planta pero con dos juntas biseladas (siguiendo el rombo de las dos primeras) y las otras dos juntas machihembradas (fig 7 en figura 10). Las dimensiones del ladrillo son $1 \times 6 \times 12 = 2,5 \times 15 \times 30$ cm, y sus dos caras estaban corrugadas para mejorar el agarre del mortero.

Los cuatro ladrillos centrales, de forma rectangular, eran el tipo básico que usaban para la primera capa (la que servía de cimbra permanente). Estos ladrillos se recibían con yeso sólo en la junta machihembrada, la correspondiente a los lados mayores, mientras que en la otra, en diagonal, sólo se vertía

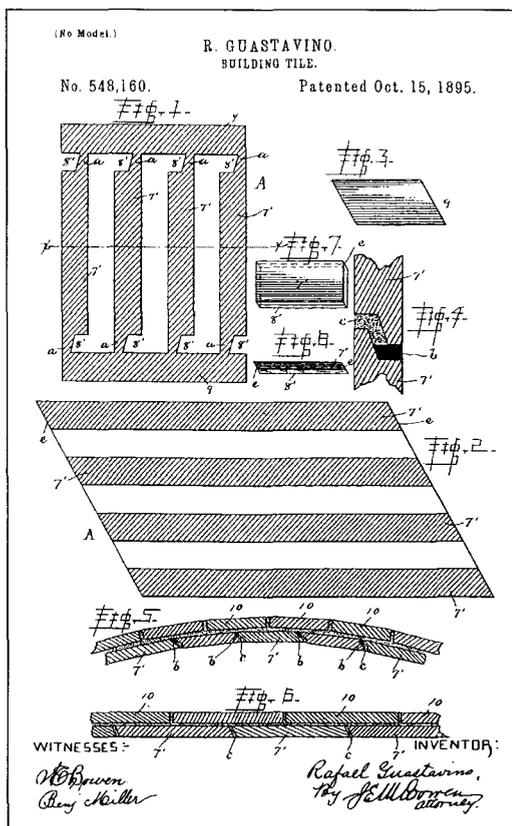


Figura 10
Patente nº 548.160: «Ladrillo para edificaciones»

cemento. Los dos ladrillos con caras romboidales servían para hacer los encuentros con la pared en los aparejos en espina de pez.

Patente nº 471.173: «Arco hueco cohesivo». 1892.

Describe en esta patente un nuevo tipo de ladrillo hueco para forjados. Esta pieza debe tener unas dimensiones de $2 \times 6 \times 12 = 5 \times 15 \times 30$ cm y huecos abiertos longitudinalmente. La junta correspondiente a la cara mayor es machihembrada. Luego sus dimensiones en planta son las mismas que las del ladrillo habitual, pero con el doble de espesor.

Este ladrillo se utiliza para hacer las una capa intermedia sobre la primera que sirve como cimbra y otra superior, ambas construidas con ladrillo macizo.

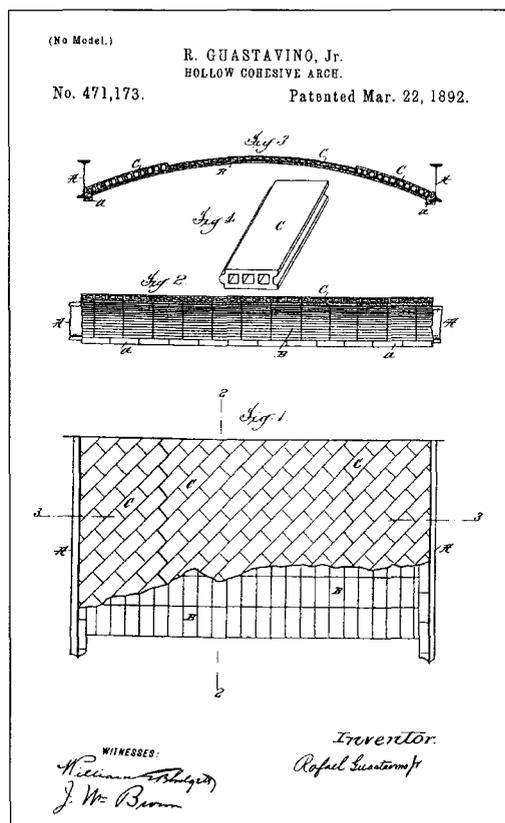


Figura 11
Patente nº 471.173: «Arco hueco cohesivo»

De esta manera se consigue aumentar mucho la inercia de la sección sin añadir demasiado peso.

Guastavino recomienda que los ladrillos huecos tengan más canto cerca de los apoyos, donde es más necesario, y sean más finos hacia la clave, pero en la patente no especifica cuales deben ser estas dimensiones.

También habla de la colocación en diagonal de las juntas en una capa de ladrillo con respecto a las adyacentes, como en el resto de sus patentes.

Patente nº 1.119.543: «Paredes y techos para auditorios». 1914.

Esta es la primera patente desarrollada conjuntamente por Rafael Guastavino II y Wallace Sabine

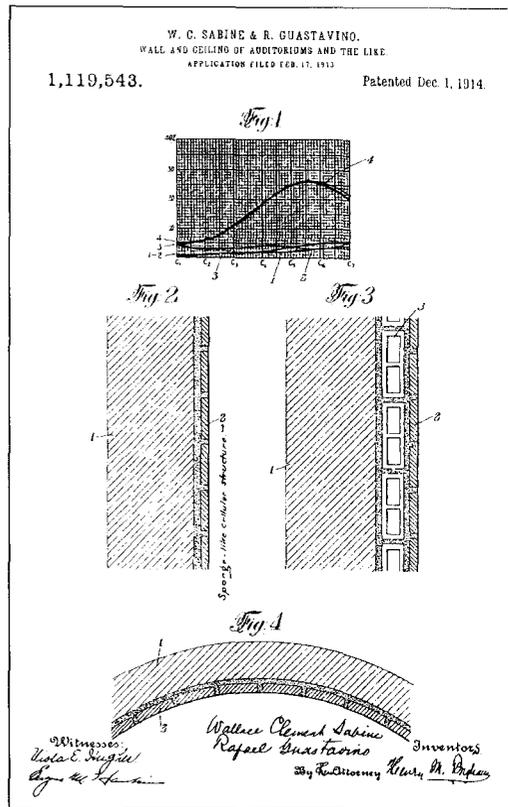


Figura 12
Patente nº 1.119.543: «Paredes para techos y auditorios»

sobre ladrillos que reducen la reverberación del sonido.

Las propiedades acústicas de la pieza «Rumford» se basan en la existencia de poros de distintas dimensiones, conectados entre sí, que atraviesan todo su espesor.

Esta pieza cerámica está compuesta por los siguientes materiales: 25% de arcilla, 65% de tierra vegetal y 10% de feldespato. Al ser cocido a altas temperaturas, la tierra vegetal se quema y desaparece, dejando los poros que le dan sus características.

Con este proceso de fabricación, el material resultante es poco homogéneo, ya que no puede controlarse previamente la cantidad y el tamaño de los poros que quedarán al salir del horno, además de resultar poco compacto.

Por esta razón, la pieza «Rumford» se utilizó du-

rante poco tiempo, aunque en obras de gran envergadura para la compañía, como las iglesias de St Thomas o St Bartholomew en Manhattan.

Patente nº 1.197.956: «Material absorbente acústico para paredes y techos». 1916.

En esta patente se describe una nueva pieza, esta vez con base de cemento Portland desarrollada por Rafael Guastavino II y Wallace Sabine, llamada «Akouolith».

Las cualidades acústicas de esta pieza son debidas, al igual que en «Rumford», en los poros comunicados entre sí, pero los materiales y el método de fabricación eran distintos.

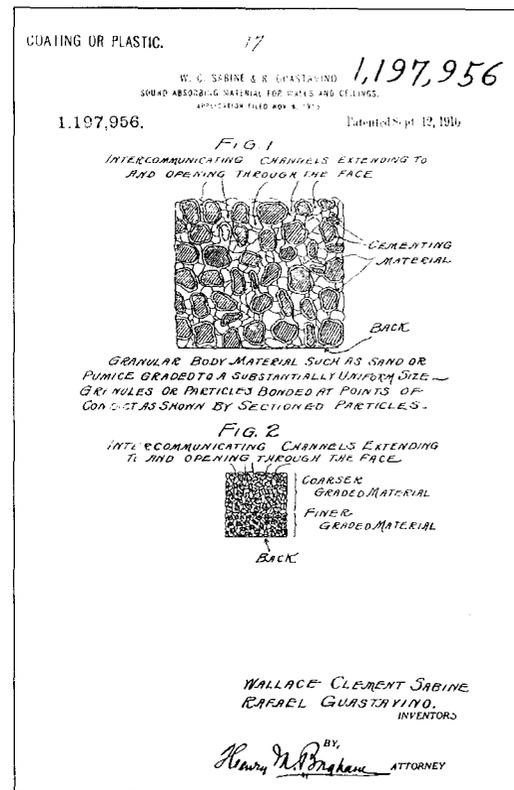


Figura 13
Patente nº 1.197.956: «Material absorbente para paredes y techos»

En «Akoustolith», sobre una base de cemento, se añade arena con una granulometría uniforme, eliminando los granos más finos que son los que rellenan los huecos, quedando así poros en el material.

«Akoustolith» pronto superó a «Rumford», ya que era mejor absorbente acústico y más uniforme en su proceso de fabricación, ya que las características del producto final dependen sólo de la mezcla utilizada, que puede controlarse muy fácilmente.

Además, «Akoustolith» incorpora una nueva variable, llamada porosidad graduada: En función del tamaño de grano que se elimina, los poros tienen distinto tamaño. Esto permite fabricar piezas que funcionan mejor para diferentes frecuencias de sonido.

NOTAS

1. Rosell i Colomina, Jaume. «Rafael Guastavino i Moreno: enginy en l'arquitectura del segle XIX» *Ciència i Tècnica als Països Catalans: una aproximació biogràfica.* Barcelona: Fundació Catalana per la Recerca, 1995. pp. 494-522..
2. Guastavino y Moreno, Rafael. «*The Decorator and Furnisher*», vol. I, 1882-83, vol. II, 1883, vol. III, 1883.
- Guastavino y Moreno, Rafael. «The Building of the Spanish Government at the World's Fair» *The American Architect and Building News*. Vol. 41, nº 916. 1893. pp. 44-45.
- Guastavino, Rafael. «The theory and history of cohesive construction» *The American Architect and Building News*, Vol. 26, nº 724, 1889. pp. 218-20, p. 225.
- Guastavino, Rafael. «Cohesive construction. Applications. Industrial sections» *The American Architect and Building News*. Vol. 27, nº 739, 1890. pp. 123-129.
- Guastavino, Rafael. «Cohesive construction: its past, present and future» *The American Architect and Building News*. Vol. 41, nº 922, 1893. pp. 125-129.
3. Guastavino y Moreno, Rafael. *Essay on the Theory and History of Cohesive Construction, applied especially to the timber vault*. Boston : Ticknor and Company, 1893 (1ª ed. 1892).
- 4 y 5. Giedion, Siegfried. *La mecanización toma el mando*. Barcelona: Gustavo Gili, 1978 (traducido, 1ª ed. Oxford: Oxford University Press, 1948).
6. Tanto la lista de patentes como los textos y dibujos originales se encuentran reproducidos en su totalidad en el siguiente artículo: «United States Patents Held by the Rafael Guastavinos, Father and Son» *APT Bulletin*, Vol. XXX, nº 4, 1999, pp 59-156.