

Los primeros ejemplos de Gaudí con hormigón armado

Rosa Grima
Josep Gómez Serrano
Antonio Aguado

El desarrollo de la vida profesional de Gaudí coincide con las décadas de expansión y consolidación de la tecnología del Hormigón Armado tanto en Europa como en España por lo que cabe preguntarse por la presencia de este material en sus obras y el grado de conocimiento que tuvo del mismo.

Hay que señalar que algunos autores, grandes conocedores de la figura de Gaudí como Bassegoda Nonell, han cuestionado en algún momento que Gaudí emplease hormigón armado:

El principal mérito de Gaudí es el de haber creado formas nuevas e inéditas utilizando los materiales y las técnicas tradicionales. Por esta razón la arquitectura de Gaudí es intemporal, pudiendo ser hecho tal cual en el siglo XV o en los siglos futuros. La construcción gaudiniana se hizo a base de piedra, ladrillo manual, cemento rápido, yeso y mortero de cal. No hizo nunca hormigón armado y el cemento Portland lo empleó solamente para enlucidos (Bassegoda 1990, 9).

Dichos autores plantean que las formas y la geometría de Gaudí, inspiradas en la naturaleza y la tradición, fueron pensadas para ser construidas en madera, piedra y metal (Cuito 2002). El empleo del hormigón se sitúa, a lo sumo, en la fase final de su obra en la Sagrada Familia.

Ahora bien, la inquietud que Gaudí mostraba por los distintos temas estructurales, que requería avances en las prestaciones de los materiales, así como el grado de proximidad a su mecenas, el conde Güell,

quien construyó la primera planta de cemento artificial en Cataluña (ASLAND 1954), dan pie a pensar que Gaudí sí conocía esta técnica y la aplicó en las circunstancias que le fue posible. Si bien es cierto que lo hizo sin hacer un empleo masivo del mismo, por ciertas coyunturas circunstanciales (Grima, Aguado y Gómez Serrano 2007).

El objetivo del presente documento es descubrir cuándo y de qué manera entra Gaudí en contacto con la tecnología del hormigón armado e interpretar dónde lo empleó por primera vez para poder descubrir qué conocimientos tenía Gaudí sobre este nuevo material.

LA PATENTE HABRICH

Entre 1890 y 1900 la fiebre de las patentes de hormigón armado llega a España de manos de los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de ingenieros Militares. Hay que destacar el rápido incremento en el número de patentes en esos primeros años del siglo XX. En España, hasta 1900 había 21 patentes registradas ante el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (B.O.P.I.), mientras que en 1914 el número ascendía a 159 (Martín 2000). Todas las patentes importantes (Monier, Hennebique, Coignet, Cottancin, Ribera, Zafra, Ransome, etc) se acabaron registrando en España.

Entre ellas encontramos el sistema Habrich de procedencia alemana e introducido en España el día 3 de octubre de 1901 cuando Franz Habrich autorizó a Carlos Bonet y Duran a patentarla en la sede de Bar-

celona de la oficina Española de Patentes y Marcas. A continuación incidiremos en la descripción de este método dado el grado de conocimiento que Gaudí pudo tener del mismo.

En estos años, el hormigón armado era un producto en el mercado avalado por las propias empresas que comercializaban las patentes pero sin un método de cálculo universal. La documentación sobre los métodos empleados incorporada a registros y proyectos era bastante ambigua e imprecisa dado que, una vez contratada una obra, los técnicos que explotaban un sistema podían adaptarlo a cada ocasión. A pesar de ello los sistemas más comunes se encuentran bastante bien documentados.

En cuanto a la patente de invención de Franz Habrich, en la documentación conservada en el archivo histórico de la Oficina Española de Patentes del Ministerio de Industria se describe de la siguiente manera:

Un procedimiento perfeccionado para construcciones con aplicaciones de hormigón armado con alma de hierro espiral...

Este nuevo sistema de construcción puede tener aplicación en la ejecución de depósitos de líquidos, muelle, aljibes, techos, etc. En una palabra para toda clase de obra.

El hecho diferencial de la misma es que la armadura está formada por flejes enrollados en espiral, de sección rectangular, con unos anclajes a ciertas distancias, tanto en forjados (figura 1) como en depósitos (figura 2).

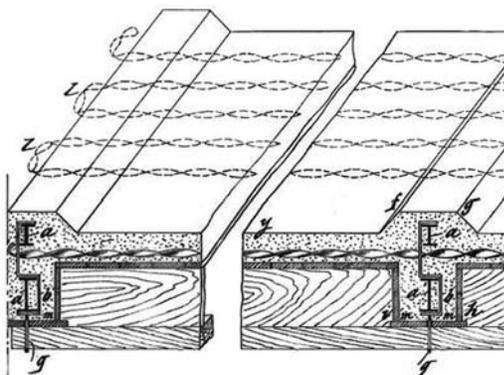


Figura 1
Patente F. Habrich en España, empleo en forjados. (Boletín Oficial de Patentes Industriales 1901)

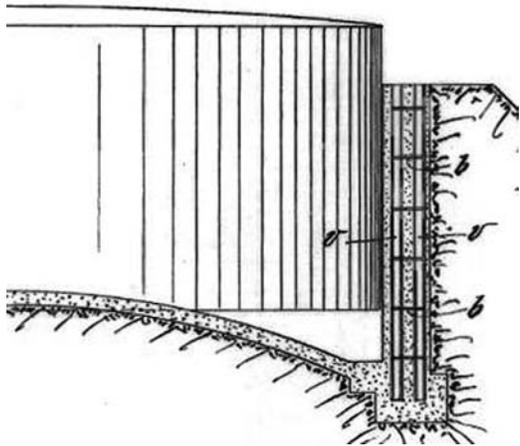


Figura 2
Patente F. Habrich en España, empleo en depósitos. (Boletín Oficial de Patentes Industriales 1901)

Existen algunos sistemas de la época (Rossenberg 1903) que tenían armaduras cuadradas estiradas helicoidalmente, si bien ésta era la única, de la que se tiene constancia, que empleaba flejes. Lo más parecido podría encontrarse en el caso del método americano Ransome, en el cual se utilizaban barras de hierro retorcidas de sección cuadrada (pero no flejes).

Aunque el sistema Habrich es poco conocido como patente, no quita para que tuviese cierta actividad y capacidad. Así aparece en la relación de empresas que concurrieron al concurso de cobertura del tercer depósito del Canal de Isabel II (Santa María y Prieto 1903), la cual fue quizá la obra más significativa de la época en España, por diversas circunstancias, una de ellas el importante accidente que se produjo durante la construcción el 8 de abril de 1905.

A esa obra concurrieron 14 soluciones (figura 3), entre ellas las más importantes del ámbito nacional. La solución propuesta por M.F. Habrich ocupa la tercera posición en cuanto mayor presupuesto con un plazo de ejecución de 40 meses. En la descripción de la época textualmente se señala que:

La cubierta estaba formada por cañones de 6,02 m apoyados en vigas de 4,03 m, el paramento de intradós de los cañones se prolonga en los de las vigas formando una sola superficie sensiblemente elíptica...

El esqueleto, característico del sistema del autor, está formado por pletinas retorcidas en helicoides (Santa María y Prieto 1903).

Resumen de las proposiciones presentadas.

Núm.	Autor.	Presupuesto.	Plazo de ejecución.	Observaciones.
1	Parboni.....	4.600.000	¿	No fija plazo ni acompaña proyecto.
2	D. M. Jalvo.....	3.236.586,30	34 meses	Cubierta plana, sobre vigas y viguetas.
3	M. F. Habrich....	2.970.968,08	40 id.	Cañones muy rebajados, sobre vigas.
4	Odorico y C.*.....	2.738.000,00	450 días	Cubierta plana, idem id.
5	Gabellini y C.*....	2.295.168,00	18 meses	Idem id., sobre vigas y viguetas.
6	M. Hennebique...	2.251.789,20	24 id.	Idem id., id., id.
7	Idem id.....	2.082.687,60	24 id.	Idem plana (intrados curvos), sobre vigas.
8	M. E. Dragnet y C.*	2.059.920,00	16 id.	Idem id., sobre vigas y viguetas.
9	M. A. Matrai.....	2.031.070,52	24 id.	Idem id. (trasdós curvo), id., id.
10	Odorico y C.*.....	1.998.000,00	450 días	Bóvedas por arista.
11	C.* de Sestao.....	1.901.602,61	24 meses	Cubierta plana sobre vigas y viguetas.
12	D. J. M. de Zafra..	1.720.061,48	14 id.	Placas bombeadas sobre vigas y viguetas.
13	Idem.....	1.600.889,14	20 id.	Idem id.
14	D. J. E. Eibera...	1.562.845,10	12 id.	Cañones para bólicos sobre vigas.

Figura 3
Tabla con los diferentes sistemas constructivos presentados para la construcción del segundo Depósito del Canal de Isabel II. (Santa María y Prieto 1903)

A continuación se expondrán las características que las estructuras diseñadas por Gaudí tienen en común con el sistema Habrich ya que consideramos que se trata del sistema empleado por el arquitecto. Como veremos, el tipo de armadura utilizado era el mismo y empieza a realizar este tipo de construcciones con posterioridad a la aparición de la patente.

Aunque en el transcurso del presente trabajo se ha intentado establecer y confirmar esa relación, hasta la fecha no ha sido posible. Esta podría encontrarse vía a la conexión de Carlos Bonet y Durán, quien presentó la patente por delegación, con el conde Güell.

APROXIMACIÓN DE GAUDÍ AL HORMIGÓN ARMADO

Antoni Gaudí empieza su carrera profesional en 1878. Desde el principio practicó una arquitectura en la que el estudio de las formas y el análisis minucioso de cada proyecto buscaba soluciones donde estructura y ornamentación fuesen de la mano. Aúna una decora-

ción nada minimalista llena de inspiración natural con un diseño estructural sin elementos superfluos.

Gaudí concibe la arquitectura de manera que forma y estructura están estrictamente relacionadas. Esta búsqueda de la economía constructiva a través de la racionalización estructural no puede independizarse de los materiales y de los métodos empleados. Así lo reflejan algunos de los que se han dedicado a la investigación de la obra de Gaudí y en ello pretende ahondar el presente estudio (Tarragó 2002).

Gaudí siempre se mostró abierto a aquellos cambios que significaban un avance técnico o un ahorro económico. De este modo, Gaudí no fue extraño a los cambios que trajo consigo la industrialización de la sociedad catalana de finales del s. XIX, y en consecuencia tampoco lo fue a los nuevos materiales y métodos constructivos. Así lo expresó él mismo en uno de los pocos escritos conservados donde reflexiona sobre el carácter de la construcción de Templos religiosos en la era moderna analizando el encarecimiento de la mano de obra frente a las mejoras en la maquinaria constructiva a emplear. Esta cita, de uno de los cuadernos de notas de Gaudí, la escribió entre 1878 y 1883 (comillas no incluidas en el texto original):

A medida que la mano de obra ha dejado de tener aquella importancia de la construcción antigua, los procedimientos constructivos se han complicado en sus procedimientos y combinación, en beneficio de la facilidad de la mano de obra.

La finísima labra de los mármoles del Partenón ha sido sustituida por la mampostería. Y actualmente, hasta esta misma mampostería de caras labradas pide ser sustituida por otros elementos, y lo es ya por el ladrillo y por las piedras artificiales o por los hormigones (Mercader 2002).

Gaudí, bien posicionado en los círculos más influyentes de la sociedad catalana, pudo tener conocimiento del hormigón armado a finales del s. XIX o principios del XX. Los industriales catalanes, entre los que se contaban alguno de sus clientes (Guell, Puntí, Comella, Milà, etc), vieron en la incipiente industria del hormigón armado una buena oportunidad de negocio. El propio Eusebi Güell fue el impulsor de la primera cementera catalana de la empresa ASLAND (Castellar de N'hug, 1904) y también tuvo relación con las empresas constructoras que empleaban hormigón armado (su potencial grupo de clientes). En este contexto, y fruto de la estrecha relación que lo unía a Eusebi Güell, Gaudí entró en contacto con el nuevo material.

En la figura 4 podemos ver como en la publicidad de la empresa fabricante de cementos ASLAND se emplea la imagen del Parque Güell, una de las obras de Gaudí de las que hablaremos más adelante iniciadas en 1903.



Figura 4
Anuncio publicitario empresa ASLAND. (Archivo del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia)

Gaudí empieza trabajando con elementos de cerámica armada o con armaduras recubiertas de mortero en una época en la que la edificación catalana todavía se basaba en las técnicas tradicionales. Si bien es cierto que estas primeras estructuras distan mucho de la concepción moderna de hormigón armado, no es posible interpretarlas como estructuras de ladrillo reforzadas con elementos metálicos (caso de otras obras modernistas).

El grado de conocimiento que Gaudí tuvo del hormigón armado no está del todo documentado. Es muy probable que los primeros ejemplos se planteasen a través del empleo de una patente. No olvidemos que se utilizó en obras de cierta envergadura (por ejemplo los viaductos del Parque Güell) y que en los primeros años del s. XX el hormigón armado era un material nuevo, en periodo de prueba y avalado por el empleo de una patente sin un sistema de cálculo conocido.

Como ya se ha explicado, en los siguientes apartados no sólo describiremos las primeras obras en la que empleó estructuras armadas sino que también expondremos las similitudes con la patente Habrich, la que consideramos fue la patente empleada.

EL HORMIGÓN ARMADO EN LAS OBRAS DE GAUDÍ. PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

En este apartado se hace una revisión de cómo Gaudí introduce el concepto de estructuras armadas en sus proyectos. Las obras que se revisarán son aquellas a las que dedica la primera década del siglo XX y pueden consultarse en la tabla 1.

<i>Obra</i>	<i>Cronología</i>	<i>Ubicación</i>
Torre Bellesguard	1900-1909	Barcelona
Parque Güell	1900-1914	
Entrada, caminos y viaductos		1900-1903
Pabellones de entrada	1903-1905	Barcelona
Sala hipóstila	1907-1909	
Plaza	1907-1914	
Jardines de Can Artigas	1905-1906	La Poble de Lillet

Tabla 1
Obras de Antonio Gaudí de principios del s.XX. (Elaboración propia)

Torre de Bellesguard

Con el cambio de siglo, Gaudí empieza, en la ciudad de Barcelona, la vivienda privada conocida como la «Torre de Bellesguard» (primera fase 1900–1909) en la que aparecen elementos metálicos trabajando a tracción combinados o no con morteros.

En la figura 5 puede verse un detalle del interior de una de las salas de la Torre de Bellesguard con un tirante metálico en espiral. De ella hay que destacar dos cosas, por un lado, empieza a introducir el concepto de elementos metálicos trabajando a tracción y, por otro lado, utiliza para su materialización, flejes helicoidales de sección rectangular.



Figura 5
Interior de la Torre de Bellesguard. (Cátedra Gaudí)

Parque Güell

En 1900 Gaudí empieza el proyecto del Park Güell como consecuencia de un encargo de Eusebi Güell en el que plantea un nuevo concepto de urbanización en una de las colinas que rodean Barcelona a semejanza de las ciudades jardín inglesas. Aunque el pro-

yecto se abandonó antes de su conclusión, se llegaron a construir los elementos comunes que se describen en la tabla 1.

El conjunto pasó a propiedad del Ayuntamiento en el año 1923 y, con posterioridad, en el año 1984, fue declarado patrimonio de la humanidad por parte de la UNESCO. Durante los años ochenta y noventa del siglo pasado se realizó una intensa labor de restauración, cuyos trabajos se desglosaron en dos etapas: la primera, correspondiente a la plaza central, fue dirigida por J.A. Martínez Lapeña y E. Torres, habiendo intervenido como arquitectos consultores Fructuós Mañá y Joan Bassegoda; mientras que en la segunda etapa, correspondiente a los edificios de la entrada, los trabajos de rehabilitación fueron llevados a cabo por parte del equipo del departamento de Arquitectura y Proyectos Urbanos del Ayuntamiento de Barcelona (Anna Ribas, Carme Hosta, Josep M. Puig) en colaboración con el doctor arquitecto Fructuós Mañá en el pabellón de consejería (rehabilitado 1994-96) y de Fructuós Mañá, Robert Brufau y Valeri consultors, en el pabellón de vivienda (rehabilitado 1996-99). La revisión de ambas etapas se hará en orden cronológico al construido no al de rehabilitación.

Edificios de la entrada. Después de la urbanización de los caminos y viaductos se iniciaron los dos edificios existentes en la entrada (1903-1905). En la figura 6 puede observarse el edificio más pequeño destinado a consejería de dos plantas con una torre de 13,5 m. De la misma manera, en la figura 7, se encuentra el edificio destinado a la vivienda del guarda con varias estancias divididas en dos plantas más un desván.

Hay que llamar la atención ante el hecho de que estas modestas construcciones no cuentan con la ornamentación y exuberancia de otras obras de Gaudí proyectadas como viviendas para ricos industriales, siendo destacable el contraste existente entre la originalidad de las formas exteriores y la sencillez interior.

Los materiales y las técnicas constructivas también fueron planteados para reducir costes. En este sentido encontramos desde la ausencia de zócalos en las paredes, hasta el empleo repetitivo de las mismas piezas prefabricadas, o la sustitución de viguetas metálicas por otras de *hormigón armado* en los techos.

En lo que sigue se profundiza en la forma y constitución de estas viguetas al tratarse de lo que consideramos el primer ejemplo de hormigón armado utilizado por Gaudí y de una de las experiencias pioneras

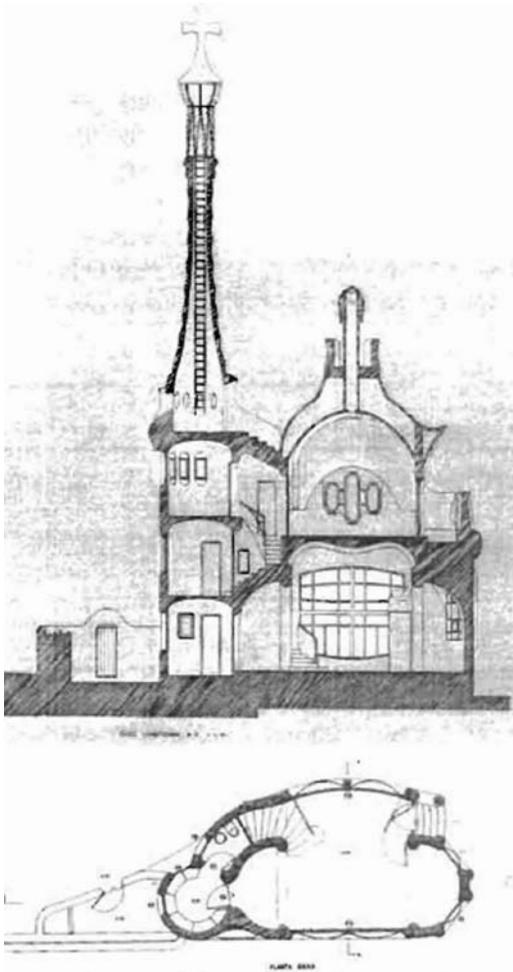


Figura 6
Esquema del pabellón de conserjería, (Ajuntament de Barcelona)

en Cataluña dentro del campo de la edificación. En este sentido, Joan Bergós Massó discípulo de Gaudí, ya había documentado el empleo de vigas de hormigón armado en las edificaciones del Park Güell en dos de sus publicaciones (*Gaudí l'Home i l'obra* (1954) y *Materiales y elementos de construcción, estudio experimental* (1953)) (Espel et al. 2009). Un ejemplo de estas vigas puede verse en la figura 8, en ellas Gaudí demuestra conocer como trabajan las vigas armadas a flexión al adaptar la forma de la armadura metálica a

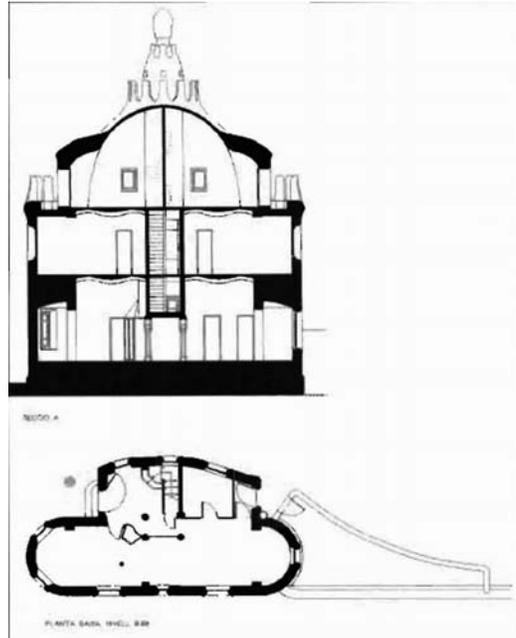


Figura 7
Esquema de la caseta del guarda. (Ajuntament de Barcelona)

la ley de tracciones y buscar elementos de anclaje, llegando a afirmar Bergós literalmente que:

Gaudí es el primer arquitecto de nuestro país que utiliza el cemento armado y le imprime un sello característico; hace las vigas de sección variable, según la flexión que experimentan y contrasta las formas con el revoltón, inflado en a-b i c-d inversamente a la regata A-B y C-D de la viga. (Bergós Massó 1953).

Las dos edificaciones de entrada tienen una distribución formal y estructural diferente, aunque comparten algunos elementos. Ambas cuentan con un cierre exterior formado por muros de carga de una o dos capas ejecutadas con mampostería de piedra natural y mortero de cal mezclada con elementos cerámicos en el interior. En los techos y bóvedas se emplean elementos armados a partir de flejes metálicos de diferente ancho enroscados en espiral y con una triple curvatura revestidos con mortero de cal con una capa exterior de cemento rápido (Aguado, Ribas

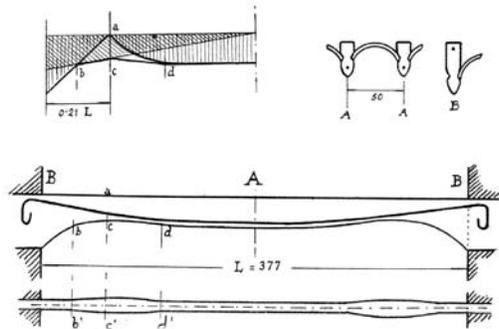


Figura 8
Croquis de la viga de hormigón armado de la portería del Parque Güell. (Bergós Massó 1953)



Figura 9
Edificio de conserjería. Vista actual del forjado. (Elaboración propia)

y Hosta 2002). En lo que sigue se analiza la disposición en obra de estas estructuras.

En el edificio de la conserjería, que fue el primero en restaurarse, los espacios entre las paredes de carga del primer piso se resuelven con un forjado unidireccional de vigas armadas (figura 9) con flejes en espiral de 80 x 4 mm empotrados directamente en las paredes. En el momento de iniciar la intervención, este forjado se encontraba bastante deteriorado debido a las entradas de agua que habían aparecido. Ello había dado lugar a la oxidación de los flejes, con el correspondiente aumento de volumen, y la aparición de empujes que producían roturas parciales del nervio tal como puede verse en la figura 10.

El espacio entre vigas era de 45 cm y estaba cubierto por rasilla cerámica. El resto de espacios de este edificio estaban cubiertos por bóvedas tabicadas. Vemos aquí como Gaudí en las zonas más solicitadas, donde tiene que cubrir las luces más grandes del edificio reproduce el sistema de techos abovedados muy popular en Cataluña. Viguetas metálicas y techos de ladrillería pero sustituidos por viguetas de *hormigón armado*, con una inercia variable de mayor canto en el centro del vano como consecuencia del mayor momento flector solicitante, es decir, claramente se desarrolla el concepto del hormigón armado en estos elementos.

La torre de 13,45 m de altura, rematada con una cruz tiene la forma de un paraboloides hiperbólico y, según el testigo de los que participaron en la restauración, también está formado por dos capas de rasilla



Figura 10
Edificio de conserjería. Forjado en reparación (1996). (Ajuntament de Barcelona)

armada con flejes metálicos está vez de 30 x 2 mm de sección. Ello muestra que la armadura dispuesta era diferente en función del nivel de solicitaciones.

El esqueleto estructural del *pabellón de vivienda* es más complejo. El nervio interior de las vigas armadas, al encontrarse con las paredes de carga, continúa verticalmente por el grueso de la pared, con una función de anclaje, tal como puede verse en la figura 11. Las vigas tienen la misma configuración que en el otro edificio, siendo de inercia variable de mayor canto en la zona central y los arranques.



Figura 11
Encuentro entre el forjado y las paredes del pabellón de la vivienda en reparación. (Ajuntament de Barcelona)

Es necesario señalar la innovación que representan estas vigas dentro del campo de la arquitectura catalana, ya que faltan casi 15 años para que el hormigón se convierta en un material habitual en la edificación, pues el hormigón armado se consideraba un material antiestético y poco competitivo frente a las optimizadas bóvedas tabicadas en combinación con vigas metálicas (Bassegoda 1925).

Su empleo en el Park Güell, en unas edificaciones funcionales sin requerimientos estéticos, hay que interpretarlo fundamentalmente por razones económicas, o bien, por el afán de ahondar en el conocimiento de un nuevo material. De cualquier forma van más allá de un simple intento de reforzar estructuras de hormigón en masa con elementos metálicos. La disposición de las armaduras implica un conocimiento

del comportamiento de los dos materiales, de la adherencia entre ambos y de la unión con los elementos verticales.

Tal como ocurre en la torre de la conserjería, en el piso superior de la vivienda, la bóveda tabicada está formada por ladrillos planos con flejes de poco grosor en la capa intermedia, constituyendo un elemento de cerámica armada.

Sala hipóstila y plaza. La sala hipóstila y la plaza del parque Güell (uno de los elementos más característicos del parque) fueron construidas entre el 1907-1914. La gran plaza descansa sobre un espacio de columnas que forman una retícula cuadrada de 4 m de lado. En la figura 12 puede verse un esquema de esta disposición. Las bóvedas son cerámicas, recubiertas de trencadís por la parte vista inferior y por un mortero en la parte superior bajo la arena final que cubre la plaza, en la figura 13 se presenta una vista superior durante la restauración.

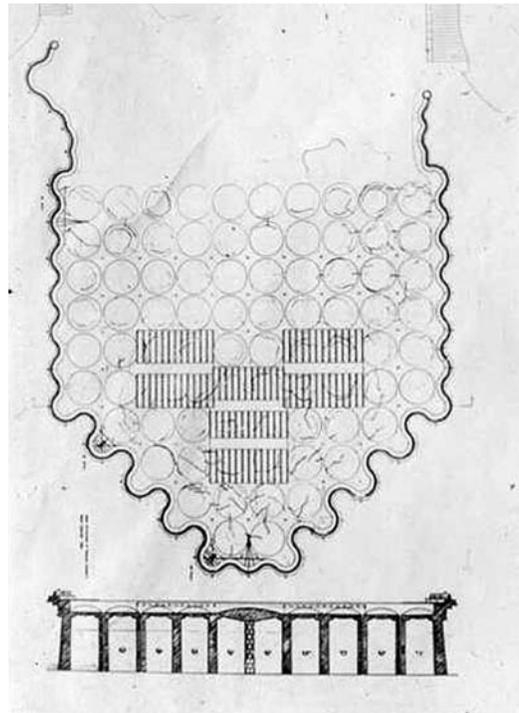


Figura 12
Esquema de la planta de la plaza del Parque Güell. (Mañà 2002)



Figura 13
Vista superior de la plaza del Parque Güell durante la restauración. (Mañà 2002)

En la figura 14 se muestra un esquema (Mañà 2002) de una cuadrícula con la disposición de los capiteles, las cúpulas (que muy probablemente se realizaron prefabricadas teniendo en cuenta el estado de las bóvedas y juntas) y la sección transversal (A-A') de las vigas de atado (Paricio 1981).

En la misma figura también puede verse que parte de los flejes helicoidales de sección rectangular hacen el papel de armadura pasiva y están situados en la zona de momentos positivos (Paricio 1981). Estos

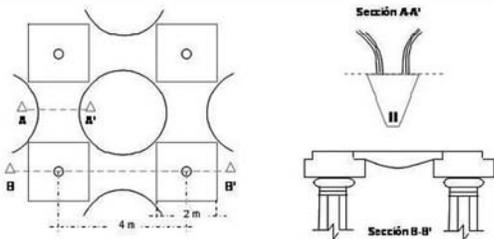


Figura 14
Esquema de la configuración estructural de la retícula de la plaza. (Mañà 2002)

flejes estaban envueltos, en la zona de viga, por un hormigón, si bien distinto a la concepción actual ya que utiliza un mortero y, como árido grueso, utiliza unos cascotes cerámicos y algunas piedras.

Viaducto de las jardineras. Un equipo del Ayuntamiento de Barcelona trabaja permanentemente en el mantenimiento del recinto del parque. En la actualidad están actuando sobre uno de los viaductos que salvan los desniveles del terreno (el conocido como viaducto «de las jardineras» diseñado antes de 1903). En la parte superior de las pilas, de las que se habían desprendido algunas piedras, han aparecido los mismos flejes enrollados helicoidalmente formando una estructura de cerámica armada similar a la de la cúpula de los pabellones. Si bien, en este caso la sección transversal es menor, nuevamente encontramos indicios de que cambiaba la cuantía de armadura en función de las solicitaciones, como se hace en la actualidad.

Por otro lado, echa por tierra un argumento que se ha utilizado algunas veces de que estos flejes eran los que se utilizaban en el embalaje de las balas de algodón. Este argumento no responde a la realidad, ya que dichos flejes deberían ser de menor sección y, en buena lógica, no estaban arrollados helicoidalmente. Además las longitudes deberían ser menores a las encontradas en estas estructuras. Estas armaduras tienen las mismas características que las empleadas por Habrich en su patente.

Otras estructuras

En este apartado se estudian otras estructuras de Gaudí en las que también se tiene constancia del empleo del hormigón armado, si bien no corresponden a la envergadura de las anteriores.

Viaducto del Pomaret. Con posterioridad al viaducto de las Palmeras, Gaudí vuelve a plantear en el año 1906, la misma solución estructural a base de armados en espiral en uno de sus proyectos no realizados, el puente sobre el torrente de Pomeret en Barcelona de enorme similitud con las estructuras del Parque Güell.

En el archivo Municipal de Sarrià en 1971 se conservaba un plano del puente firmado por Gaudí de 1906 (contemporáneo a la construcción de la plaza del Parque Güell), descubierto por Bassegoda en aquel momento director de la Cátedra Gaudí (Basse-

goda 1971). En la memoria del proyecto se describe el método constructivo de la siguiente manera:

El proyecto estaba formado por un plano de 64,5 × 211,5 cm a escala 1:100... la longitud total del tablero del puente era de 154 m, con altura máxima de los pilares de 15 m.

En el presupuesto se especificaban las partidas de cimentados, pilares, estribos, relleno de juntas y tirantes armados con mortero de cemento Pórtland «Asland», arena de mar y agua. Los tirantes se proyectaron de pasamano de 17 × 5 mm.

Es interesante considerar que Gaudí proyectó hormigón armado con cemento Pórtland de la fábrica «Asland» de Castellar de N'Hug (Berguedà, Barcelona) propiedad de Eusebio Güell e inaugurada tan solo dos años antes en 1904. (Bassegoda 2002).

Jardines de Can Artigas. Gaudí proyectó en 1905 un jardín junto al Llobregat en el municipio de la Pobla de l'Illet, cercano a la ubicación de la fábrica de cemento ASLAND, para el empresario textil Juan Artigas conocido como «los jardines de Can Artigas» actualmente de propiedad municipal (Bassegoda 1989).

Aunque no se cree que Gaudí participase activamente en el proyecto de la fábrica de cemento ASLAND en Castellar de N'hug, sí que colaboró en el diseño del chalet para los técnicos de las minas de las que se extraía el material de la fábrica (chalet de Catllaràs). En una de las visitas a la zona, le encargaron el diseño de los jardines de la familia Artigas. Entre 1905 y 1906 se realizó la obra que contó para ello con parte de los obreros que trabajaban en el Parque Güell. El recinto, que contaba con varios saltos de agua y una gruta natural, se adecuó con pasarelas y un puente sobre el río. El aspecto formal de estos elementos recuerda al de obras ya citadas como los jardines del Parque Güell y el Viaducto del Pomaret. Aunque no se ha realizado una restauración intrusiva parece razonable que los métodos constructivos empleados fuesen los mismos.

CONCLUSIONES

Con esta comunicación se muestra que Gaudí utilizó hormigón armado en sus obras y que conocía el comportamiento de las estructuras armadas. Los primeros ejemplos son de 1903 en la construcción del Parque Güell donde empleó el nuevo material tanto en edifi-

caciones como en viaductos y otros elementos del parque.

Estas estructuras las materializa con flejes metálicos de dimensiones variables y adaptando las estructuras a la ley de esfuerzos lo que demuestra su conocimiento sobre el comportamiento del material.

La única patente de estas características en Europa era la patente Habrich comercializada en Barcelona des de 1901. Las obras de Gaudí son posteriores y las características se corresponden perfectamente con las de este sistema constructivo así que es muy probable que fuese el método empleado por Gaudí en estas obras de principios del siglo XX.

LISTA DE REFERENCIAS

- Aguado, Ma. L.; Ribas, A. y Hosta, C. 2002. «La restauración de los pabellones de entrada del Park Güell». *Informes de la construcción*, 481-482:19-28.
- ASLAND. 1954. *Libro del cincuentenario*. Barcelona: Seix y Barral.
- Bassegoda i Amigo, J. 1925. «Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona». *Anuario de la asociación de arquitectos de Cataluña*.
- Bassegoda i Nonell, J. 1971. «Gaudí ingeniero». *La Vanguardia*. Barcelona.,15 junio.
- Bassegoda i Nonell, J. 1989. «El Jardín de Can Artias en la Pobla de Lillet». *La Vanguardia*. Barcelona, 23 de abril.
- Bassegoda i Nonell, J. 1990. «La construcción tradicional en la arquitectura de Gaudí». *Informes de la Construcción*, 408: 9-16.
- Bassegoda i Nonell, J. 2002. «Una obra ingenieril de Gaudí». *Revista OP ingeniería y territorio, Gaudí estructura y Naturaleza*, editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos. Barcelona, 59: 42-45.
- Bergós Massó, J. 1953. *Materiales y elementos de construcción, estudio experimental*. Barcelona: Bosch.
- Bergós Massó, J. 1954. *Gaudí l'home i l'obra*. Barcelona: Lundberg.
- Cuito, A. y Montes, C. 2002. *Gaudí, Obra Completa*. Barcelona: Loft Publicaciones.
- Espel, R.; Gómez Serrano, J.; Grima, R. y Aguado, A. 2009. La evolución en la construcción de la Sagrada Familia. *Informes de la construcción*, 516: 5-20.
- Grima, R.; Aguado, A. y Gómez-Serrano, J. 2007. «The use of concrete in Gaudí's Sagrada Familia». *International Journal of Architectural Heritage*, 4: 366-379
- Mañà, F. 2002. «Restauración de la plaza del Parque Güell». Presentación docente.
- Martín, H. 2000. «La introducción del hormigón armado en España: las primeras patentes registradas en este país».

- En *Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla.
- Mercader, L. 2002. *Antoni Gaudí escritos y documentos*. Barcelona: El Acantilado-Quaderns Crema.
- Paricio, I. 1981. «El parque Güell de Barcelona. Una lección de construcción». *Revista CAU: construcción, arquitectura y urbanism*, 70: 46-66.
- Rosenberg, K. 1913. *Los diversos sistemas de construcciones de cemento armado*. Barcelona: Editorial Feliu y Susana.
- Santa María y Prieto. 1903. «Canal de Isabel II. Concurso para la cubierta y pilares del tercer depósito. Informe de los ingenieros Sres Santa María y Prieto». *Revista de Obras Pública*, 59:169-176.
- Tarragó, S. 2002. «La relación estructura y forma en Gaudí». *OP ingeniería y territorio, Gaudí estructura y Naturaleza*. 59: 18-2. Editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos.

