

Radiografía de una estructura. Eduardo Torroja y el Hospital Clínico San Carlos de Madrid

Radiography of a structure. Eduardo Torroja and the San Carlos Clinical Hospital of Madrid

ALBA LORENTE DE DIEGO - CÉSAR MARTÍN-GÓMEZ

FRANCISCO JAVIER CASTRO MOLINA

Alba Lorente de Diego, César Martín-Gómez y Francisco Javier Castro Molina, "Radiografía de una estructura. Eduardo Torroja y el Hospital Clínico San Carlos de Madrid", *ZARCH* 11 (Diciembre 2018): 168-183. ISSN: 2341-0531. http://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2018113214

Recibido: 15-6-2018 / Aceptado: 27-9-2018

Resumen

La estructura tiende a pasar desapercibida, encontrándose debajo de los suelos, detrás de las paredes, pero posee la capacidad de liberar o coartar al proyecto arquitectónico. El desarrollo del hormigón armado supuso un cambio fundamental en el desarrollo de nuevas estructuras, generando nuevas tipologías arquitectónicas y aportando flexibilidad a las nuevas construcciones del siglo XX. La tipología hospitalaria de este siglo es modelo a la hora de demostrar la importancia que tiene la estructura dentro del proyecto arquitectónico. Se trata de un tipo arquitectónico que alberga en su interior una gran diversidad de actividades, y donde el desarrollo técnico juega un papel determinante. Es por ello, que la estructura aparece en algunos ejemplos como en el caso del Hospital Clínico San Carlos de Madrid, desarrollado por Eduardo Torroja y Manuel Sánchez Arcas, como generadora de un ritmo continuo, de una base, donde encajar la variabilidad de los espacios y dar origen a un edificio multidisciplinar capaz de transformarse y permanecer a lo largo del tiempo. Así, el objeto de estudio de este artículo es relatar justificadamente como esta estructura ha permitido el uso continuado a lo largo de más de 80 años de este edificio, a pesar de los cambios permanentes que requiere una construcción de estas características.

Palabras clave

Hospital, estructura, hormigón armado, tecnología, tipología y flexibilidad.

Abstract

The structure tends to go unnoticed, being found under the floors, behind the walls, but it has the capacity to release or restrict the architectural project. The development of reinforced concrete was a fundamental change in the development of new structures, generating new architectural typologies and providing flexibility to the new constructions of the 20th century. The hospital typology of this century is a model when it comes to demonstrating the importance of the structure within the architectural project. It is an architectural type that hold inside them a wide variety of activities, and where the technical development plays a decisive role. Therefore, the structure appears in some examples as in the case of the San Carlos Clinical Hospital of Madrid, designed by Eduardo Torroja and Manuel Sánchez Arcas, as generator of a continuous rhythm, of a base, where to fit the variability of the spaces and give rise to a multidisciplinary building capable of transforming and remaining over time. Thus, the object of study of this article is to explain justifiably how this structure has allowed the continued use over more than 80 years of this building, despite the permanent changes required by a construction of these characteristics.

Keywords

Hospital, structure, reinforced concrete, technology, typology and flexibility.

Alba Lorente de Diego, arquitecta por la Universidad de Navarra en el año 2015. En estos momentos es estudiante de doctorado, desarrollando una tesis acerca de la integración arquitectónica de las instalaciones dentro del ámbito hospitalario, en el Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras de esta misma universidad. Además, colabora con el estudio de arquitectura Aráiz Huarte Arquitectos.

César Martín-Gómez, arquitecto por la Universidad de Navarra en el año 2000 y Doctor Arquitecto por la misma universidad en 2009. Actualmente trabaja como investigador y profesor en el Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras de la Universidad de Navarra.

Francisco Javier Castro Molina. Enfermero, historiador del arte y antropólogo. Académico correspondiente de la Real de Medicina de Santa Cruz de Tenerife. Profesor asociado, Universidad de La Laguna; profesor tutor de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Miembro de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Tenerife. Miembro Instituto de Estudios Canarios (sección Medicina y Farmacia).

Introducción

El siglo XX inició su andadura con aportaciones en cadena de científicos, arquitectos e ingenieros, unidos todos ellos en la búsqueda de la evolución de la técnica y el origen de una nueva arquitectura. Materiales como el acero, el vidrio y sobre todo el hormigón armado hicieron su aparición en este siglo, convirtiéndose en protagonistas del cambio. Modificaron la técnica y los sistemas de producción industrial, ofreciendo la posibilidad de crear nuevas estructuras y conquistar retos tecnológicos hasta ahora no alcanzados. Como consecuencia nació una nueva arquitectura, reflejo de los avances y de las necesidades del momento, y que hizo del hormigón armado su mejor aliado para construir nuevas formas estructurales más flexibles.

Tipologías como la hospitalaria se hicieron eco de las nuevas técnicas, adaptándose a la nueva forma de construir estructuras y modificando la imagen del hospital por completo. La complejidad de su actividad, requiere de una precisa planificación previa, unida a un programa interdisciplinar, donde debe equilibrarse la parte de los servicios con la asistencial y docente. La nueva configuración estructural le aportó un grado de libertad y transformación (hasta ahora no alcanzados) para desarrollar sus actividades presentes y futuras, y hacer de la estructura la revelación del espacio que lo habita.

La revolución del hormigón armado

Parte de la arquitectura del siglo XX tomó al hormigón armado como principal material de su diseño, revolucionando la forma de construcción de las estructuras, y permitiendo hacer nuevas tipologías estructurales basadas en retículas 'infinitas' de pilares y vigas.

Pero la revolución del hormigón armado ya se había iniciado antes, en 1855, cuando Joseph-Louis Lambot presentó la primera patente en la Exposición Nacional de París¹. La última década del siglo XIX, Europa y Estados Unidos ya tenían un número relevante de construcciones en hormigón armado. Sin embargo, en España su introducción tiene lugar a finales del siglo XIX y bajo la influencia francesa, de patentes como la de Monier. El primer caso conocido siguiendo dicha patente es el depósito de agua de Puigverd en Lleida (1893), construido por Francesc Macià². Otra de las patentes internacionales destacadas es la patente de Hennebique. Siguiendo ésta, en 1900 se construyó en España el primer edificio con la estructura íntegra en hormigón armado, la fábrica de harina de Céres (Bilbao), proyectada por Ramón Grotta y Palacios.

En el desarrollo de patentes españolas destacan figuras como José Eugenio Ribera y Juan Manuel de Zafra. El primero es considerado el precursor del hormigón armado en España³. En 1900 construyó la fábrica de harinas de Ayala (Badajoz) con la estructura completa en hormigón armado, y en 1901 patentó su propio sistema⁴ basado en la patente de Hennebique⁵. El segundo, registró varias patentes en 1902 que abarcaban diversas soluciones constructivas para vigas, forjados y pilares⁶. En este mismo periodo también inscriben patentes ingenieros como Gabriel Rebollo, Mauricio Jalvo y Ricardo Martínez Unciti⁷.

Por otra parte, no solo el uso y estudio del hormigón armado supuso un cambio, sino que la Revolución Industrial comenzada a mediados del siglo XIX, ya inició la tendencia hacia una arquitectura que respondiera al desarrollo científico-técnico de los nuevos materiales, y a incipientes sistemas de producción en serie. Así lo manifestaron personajes como Pichett en "*A New System of Architecture*" (1845) o Fergusson en "*History of Architecture*" (1862)⁸.

- 1 María Josefa Cassinello Plaza, "Eduardo Torroja. Técnica y Modernidad", en *La tecnología y la arquitectura moderna (1925-1975): mito y realidad*, ed. T6 (Pamplona, 2018), 21-32.
- 2 Ignacio Marcos Rodríguez et al., "Las patentes en la introducción del hormigón armado en España: caso de estudio de la Alhóndiga de Bilbao", *Informes de la construcción* 66, n.º 534 (2014): 10-11.
- 3 Marcos Rodríguez et al., 2.
- 4 La patente de Ribera se diferenciaba de la de Hennebique en la utilización de metal deployé como armadura de cortante, en lugar de las pletinas típicas del sistema francés. En 1902 le seguiría otra patente, la cual le permitía construir puentes con una armadura rígida, autoportante sin necesidad de cimbra.
- 5 Ministerio de Fomento, "1903-1910: Empresas y patentes españolas", *Hormigón Armado en España 1893-1936*, 2010, http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/H24.php?id_tema=13.
- 6 Marcos Rodríguez et al., "Las patentes en la introducción del hormigón armado en España: caso de estudio de la Alhóndiga de Bilbao".
- 7 Ministerio de Fomento, "1903-1910: Empresas y patentes españolas", 3.
- 8 Cassinello Plaza, "Eduardo Torroja. Técnica y Modernidad", 2.

ALBA LORENTE DE DIEGO
CÉSAR MARTÍN-GÓMEZ
FRANCISCO JAVIER CASTRO MOLINA

Radiografía de una estructura.
Eduardo Torroja y el Hospital Clínico
San Carlos de Madrid

Radiography of a structure.
Eduardo Torroja and the San Carlos
Clinical Hospital of Madrid

- 9 Cassinello Plaza, 2.
- 10 Le Corbusier, "Où est l'architecture?", *L'Architecture Vivante* (Paris, 1927).
- 11 María Josefa Cassinello Plaza, "Razón científica de la modernidad española en la década de los 50", en *Los años 50*, 1.ª ed. (T6 Ediciones, 2000), 21-38.
- 12 Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU), "Hormigón armado", accedido 2 de junio de 2018, http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/H40.php?id_tema=85.
- 13 Carles Martí Arís, *Las variaciones de la identidad: ensayo sobre el tipo en arquitectura*, ed. Ediciones del Serbal (Barcelona, 1993).
- 14 La teoría de los miasmas fue una teoría formulada por Thomas Sydenham (1624-1689) y Giovanni María Lancisi (1654-1720) en el siglo XVII, la cual defendía que la causa y transmisión de las enfermedades eran consecuencia del conjunto de emanaciones putrefactas provenientes de los suelos y aguas impuras.
Luis Pancorbo Crespo e Inés Martín Robles, "La Arquitectura Como Objeto Técnico. La Arquitectura Industrial de Albert Kahn," *VCL Arquitectura* 1 (2014): 1-31.
- 15 La tipología pabellonar hospitalaria se caracterizaba por estar compuesta de edificios de baja altura, separados unos de los otros por grandes patios, con el fin máximo de favorecer la ventilación de las salas de enfermería, donde se alojaba a los enfermos, y evitar así el contagio entre los distintos sectores.
- 16 La teoría microbiana de la infección ofreció una explicación científica del contagio que se convirtió en la base doctrinal de una prevención rigurosamente técnica de las enfermedades.
José María López Piñero, *La Medicina En La Historia*, 1ª (Madrid: La esfera de los libros, 2002).

En Europa la construcción era fundamentalmente artesanal, pero existía la conciencia de necesitar alcanzar un cierto grado de industrialización en los procesos constructivos. Arquitectos como Le Corbusier, fue el primero⁹ en proyectar una casa prefabricada de hormigón armado, *La Maison Dom-ino* (1914). También, defendió la precisa de crear una arquitectura que respondiera a las necesidades de la nueva sociedad, no solo respecto a los espacios arquitectónicos, sino también a los artesanales sistemas de construcción utilizados a principios del siglo XX. En el primer congreso del CIAM celebrado en 1929, y en el artículo '*Où est l'Architecture*'¹⁰, ya puso de manifiesto la necesidad de hacer partícipe a la arquitectura de la actualidad científica del momento¹¹.

No así sucedía en España, donde la falta de medios económicos y la abundancia de obra de mano 'barata' ralentizó el alcance de la racionalización científica del proceso arquitectónico. Aun así, destacan nombres como el de Eduardo Torroja, Carlos Fernández Casado, Ildefonso Sánchez del Río, Secundino Zuazo, Casto Fernández Shaw, Carlos Arniches y Martín Domínguez o Manuel Sánchez Arcas¹². Fueron clave en el desarrollo de la nueva técnica del hormigón armado, y con ella, del desarrollo de la nueva arquitectura moderna española. Esta nueva generación participó de las inquietudes y novedades del momento. Muestra de ello son algunas de sus obras como: el Mercado de Algeciras (1933) de Manuel Sánchez Arcas y Eduardo Torroja o el Pabellón de Párvulos (1933) de Carlos Arniches y Martín Domínguez, con los que también colaboró Eduardo Torroja.

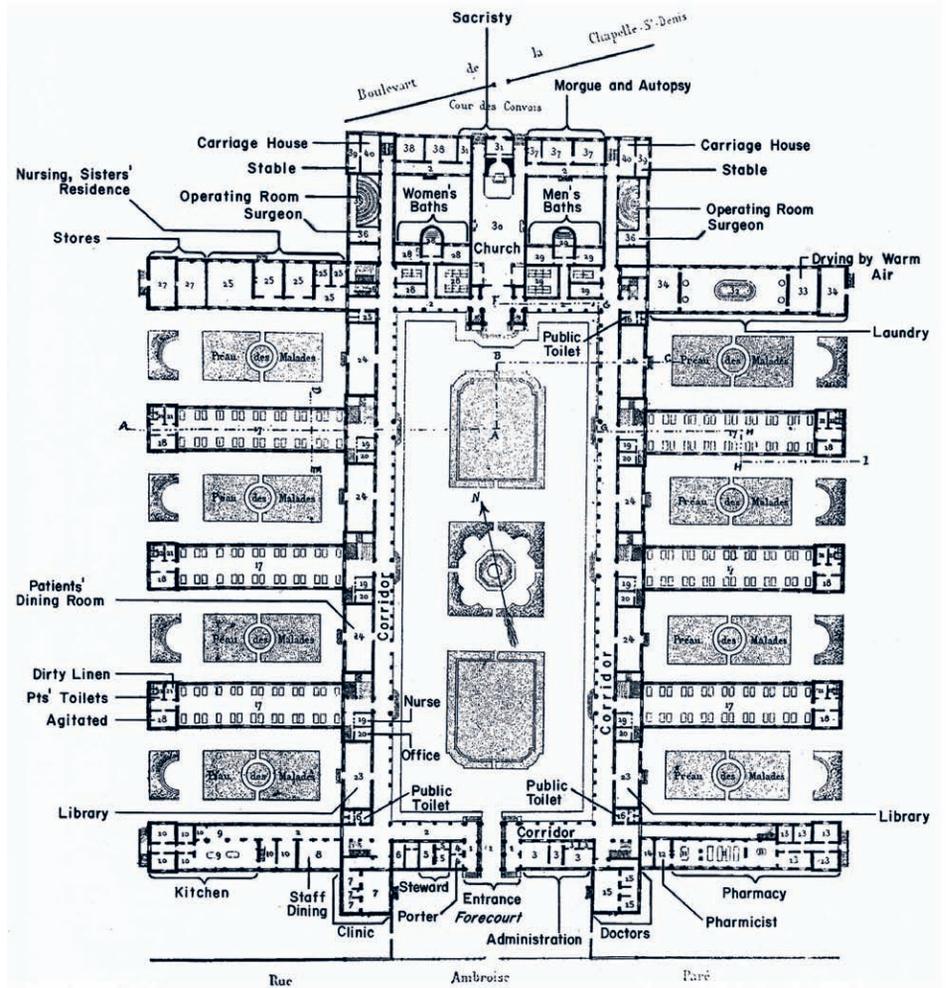
Este nuevo horizonte afectó a todos los sectores de la arquitectura, inclusive al hospitalario, el cual venía de una tradición constructiva de pabellones aislados de baja altura, y estructuras de muros de carga. De igual modo, llegó al siglo XX con el empuje de la revolución industrial. Se aunaron en él los avances en materia de medicina y tecnología, que sumado a las nuevas estructuras y formas constructivas, dieron lugar a una nueva tipología hospitalaria: el hospital en altura.

Estructura hospitalaria: tipología y flexibilidad

La identidad de toda obra arquitectónica está vinculada a la historia, a una fase concreta del desarrollo de la cultura, de los materiales y de las técnicas constructivas, siendo estos los medios por el que la arquitectura se une a la realidad y se transforma. Se añade por tanto a la arquitectura la característica de tiempo y cronología, que vinculados a unas circunstancias históricas específicas¹³, genera un tipo arquitectónico diferente en cada periodo histórico. Por ello se habla por ejemplo de la catedral gótica o del palacio urbano renacentista, porque en ellas se pueden identificar rasgos esenciales que ponen en evidencia las coordenadas espacio-temporales en las que se desarrollaron.

Un ejemplo de interacción entre cultura, técnica e historia es la evolución propia de la tipología hospitalaria. El hospital llegó al siglo XX con la inercia de la revolución industrial y de los avances en medicina del siglo pasado. El descubrimiento de la bacteria en 1865 por Luis Pasteur, estableció por primera vez la conexión entre bacterias y enfermedad. Este hecho, supuso un cambio de estrategia a la hora de planificar los nuevos hospitales del siglo XX, al disminuir la influencia de la teoría de los miasmas¹⁴ en el diseño de hospitales. Por esta causa, el hospital fue dejando paulatinamente de lado la tipología pabellonar¹⁵, construcción hospitalaria habitual en la Europa de los siglos XVIII y XIX, con ejemplos significativos como el Royal Naval Hospital de Plymouth (1764-65) o el Hospital Lariboisière de Paris (1846-54) [Fig. 1].

El final de la teoría de los miasmas y el comienzo de la teoría microbiana¹⁶, permitió distribuir a los enfermos en altura, pues el enemigo pasó de ser el aire a los



[Fig. 1] Planta del Hospital Lariboisière de Paris (1846-54).
 Fuente: Thompson, John D., y Grace Goldin. *The Hospital: A Social and Architectural History*. New Haven: Yale University Press, 1975.

propios enfermos, naciendo una nueva tipología hospitalaria: el hospital en altura. Este nuevo diseño hospitalario fue más compacto y vertical, siguiendo las enseñanzas de la Escuela de Chicago iniciadas en 1880, que apostaban por el uso de los nuevos materiales y técnicas. Los primeros hospitales americanos comenzaron teniendo entre 5 ó 6 pisos, pero ya en 1915 el Fith Avenue Hospital de Nueva York contaba con 11 alturas¹⁷. Las plantas de estos nuevos hospitales se organizaban en forma de T, H o Y, superponiendo verticalmente las especialidades clínicas y centralizando sus servicios en la planta baja del edificio, de mayor superficie¹⁸. Las estructuras se realizaban en hierro u hormigón armado, a imagen de las estructuras de los rascacielos. Este nuevo concepto de arquitectura y espacio dotó al hospital de un carácter más urbano. Además, modificó la circulación interior permitiendo el movimiento vertical en el edificio gracias al uso de nuevos inventos como el ascensor, dejando atrás los largos recorridos de los antiguos hospitales de pabellones.

Como referente, los hospitales americanos tendieron a la “conquista de la altura” concentrando los servicios en un solo bloque como se puede observar en el diseño de Gamble Rogers para el Columbia Presbyterian Medical Center de Nueva York [Fig. 2] de 1928. Esta tipología fue trasladada a Europa de la mano de los arquitectos Jean Walter, Louis Plousey y Urbain Cassan que proyectaron para la ciudad de París el Hospital Beaujon de 1935, edificio con carácter unitario y menor altura, que procuraba imitar el sistema constructivo y organizativo americano.

El Columbia Presbyterian Medical Center de Nueva York, fue ejemplo hospitalario para algunos arquitectos españoles, como Manuel Sánchez Arcas y Miguel de los Santos, quienes, en diciembre de 1928, realizaron un viaje a Estados Unidos¹⁹ con

17 Juan José Santos Guerras, “Verticalidad versus horizontalidad. historia de la construcción de hospitales en el siglo xx”, *Informes de la Construcción* 55, n.º Figura 1 (2003): 13.

18 José Carlos de San Antonio Gómez, “La influencia americana en la arquitectura hospitalaria en la España de los años treinta”, en *La arquitectura norteamericana, motor y espejo de la arquitectura moderna española en el arranque de la modernidad (1940-1965)*, 1.ª ed. (Pamplona: T6 Ediciones, 2006), 217-26.

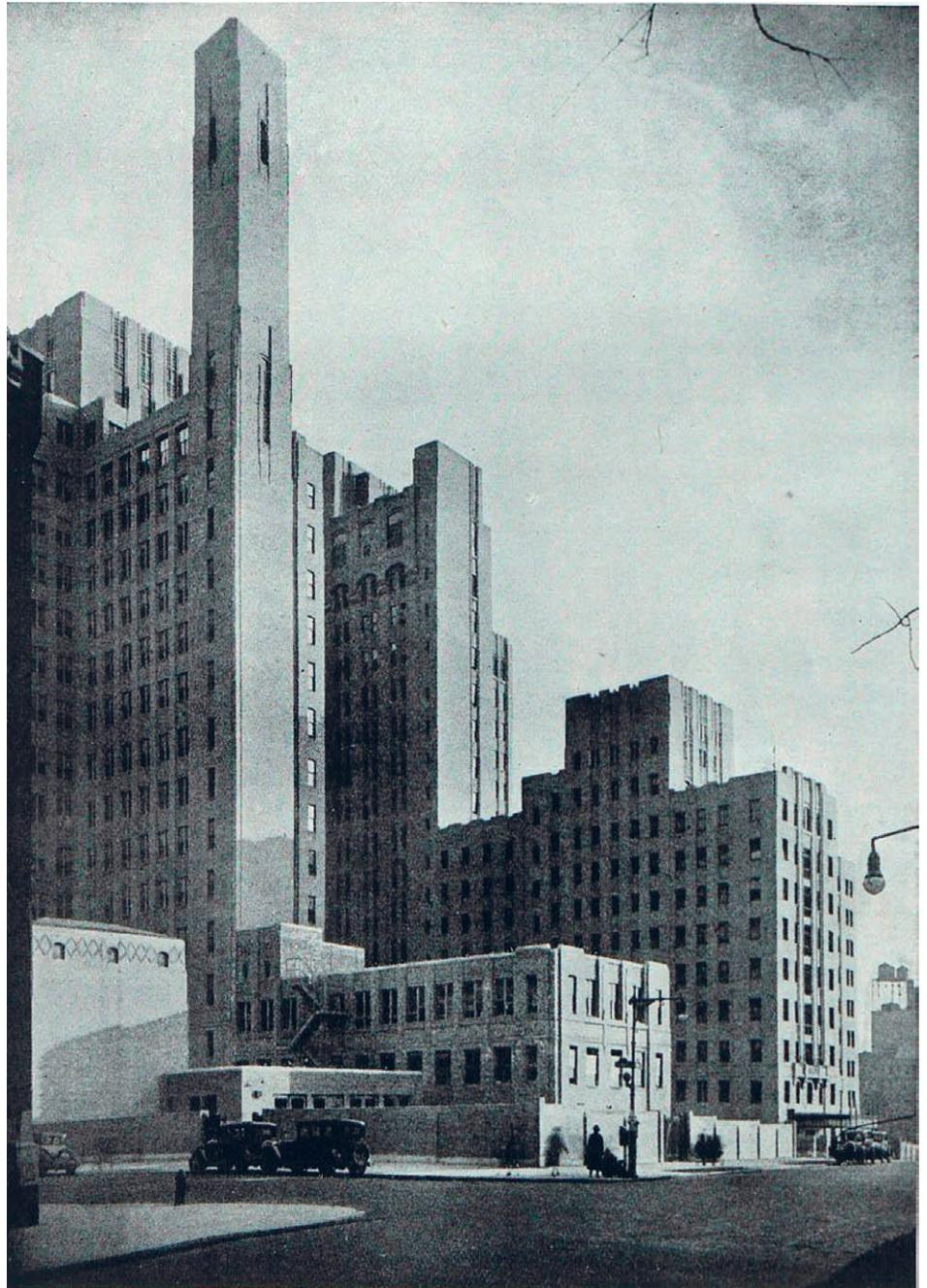
19 Alberto Campo Baeza, “Una arquitectura limpia. La arquitectura de Sánchez Arcas”, en *Manuel Sánchez Arcas : arquitecto* (Madrid: Fundación Caja de Arquitectos, 2003), 132-43, <http://oa.upm.es/30460/>.

Anatomías
arquitectónicas primitivas
Primitive
architectural anatomies

ALBA LORENTE DE DIEGO
CÉSAR MARTÍN-GÓMEZ
FRANCISCO JAVIER CASTRO MOLINA

Radiografía de una estructura.
Eduardo Torroja y el Hospital Clínico
San Carlos de Madrid

Radiography of a structure.
Eduardo Torroja and the San Carlos
Clinical Hospital of Madrid



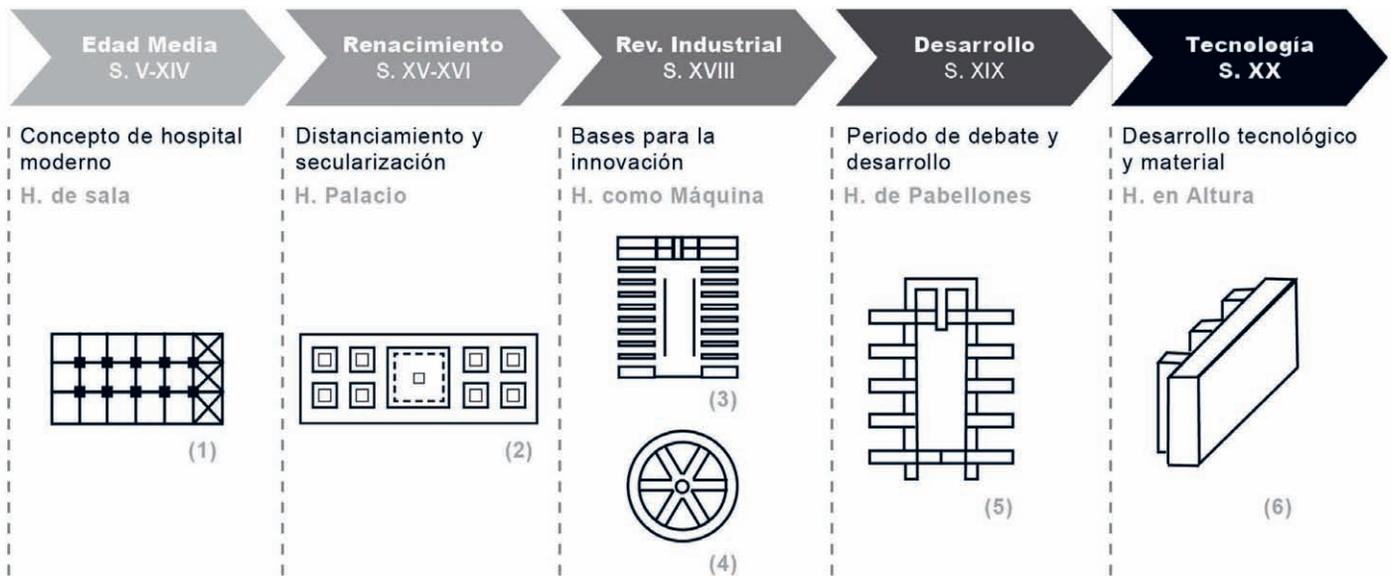
[Fig. 2] Fotografía del hospital Columbia Presbyterian Medical Center de Nueva York. Fuente: Sánchez Arcas, Manue. "La Central Médica de Nueva York." *Arquitectura* 119 (1929): 141-45.

el fin de estudiar los hospitales americanos. A su vuelta, Manuel Sánchez Arcas escribió un elogioso artículo en la revista *Arquitectura* describiendo al Presbyterian. En él describió su funcionalidad resaltando la disposición clara y la buena resolución de las circulaciones. Además, alabó el hecho de que tuvieran en cuenta temas constructivos como el uso del aislamiento térmico y consideraciones acerca de la gestión de las instalaciones, tales como la prevención con sistemas de protección contra incendios, preocupaciones 'modernas' para la época.

Pero la relación de la arquitectura con la historia no es únicamente con el legado y el presente material y técnico, sino también con el futuro. El siglo XX trajo consigo la arquitectura del Movimiento Moderno y su principio funcionalista la función sigue a la forma. Seguir dicho precepto, aludía a plantear soluciones arquitectónicas rígidas y funcionalistas, lo que sugería impedir modificaciones futuras, al dar respuestas concretas a problemas concretos, sin tener en cuenta las transformaciones en tiempos venideros. Como escribió Eduardo Torroja:

Las obras no se construyen para que resistan. Se construyen para alguna otra finalidad o función que lleva, como consecuencia esencial, el que la construcción mantenga su forma y condiciones a lo largo del tiempo. Su resistencia es una condición fundamental, pero, no es la finalidad única, ni siquiera la finalidad primaria (...)²⁰

20 Eduardo Torroja Miret, *Razón y ser de los tipos estructurales*, ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Madrid, 1957).



[Fig. 3] Esquema evolutivo de la tipología hospitalaria, relacionada con los acontecimientos culturales y técnicos.
Fuente: Elaboración propia.

El término función remite a aspectos particulares del concepto de utilidad, dificultando la comprensión de aquella arquitectura que es capaz de integrar, el mayor número posible de usos. Los edificios albergan determinadas actividades, las cuales definen su razón de ser, y son el escenario de la diversidad. A lo largo de determinados ciclos históricos, como en el caso de la tipología hospitalaria, se ha ido estableciendo una relación entre la forma y las necesidades, que han ido configurando los usos, de tal forma, que la forma arquitectónica aparece durante un cierto periodo de tiempo adscrita a una actividad concreta. Pero las necesidades no son fijas e inmutables, sino que evolucionan, se transforman al cambiar los parámetros de referencia de la arquitectura²¹ [Fig. 3].

En este ejercicio de transformación, los edificios tienden a seguir la pauta inicial que marca la estructura. Es el ritmo base, la pauta sobre la que se incorpora nuevos espacios arquitectónicos a modo de variaciones²². El nuevo planteamiento constructivo del siglo XX: liberar la planta, desarrolló estructuras neutras con forjados de vigas o losas planas, sobre pilares; independizando los elementos constructivos de la estructura y no condicionando el espacio interior. Esta nueva forma constructiva aportó un grado de flexibilidad hasta entonces no alcanzado, creando las condiciones necesarias de adaptación a cualquier necesidad del momento y pudiéndose desarrollar dentro de unos parámetros de viabilidad técnica, temporal y económica²³. De esta forma se dota a la arquitectura de una trama regular sin límites, manteniendo una base continua donde realizar a lo largo del tiempo las variaciones constructivas internas necesarias a cada momento. El concepto de flexibilidad actúa como tema del que parten las sucesivas variaciones.

La Ciudad Universitaria de Madrid

En 1927 con la creación de la Junta de la Ciudad Universitaria de Madrid, por Real Decreto, comenzó la redacción de un proyecto, de un nuevo lugar dedicado a la enseñanza superior, con la finalidad de mejorar las condiciones docentes de la Universidad de Madrid²⁴.

En abril de 1928, la junta acuerda el nombramiento de Modesto López Otero como arquitecto director de las obras, otorgándole la libertad de elegir a sus colaboradores. Formó un equipo técnico compuesto por arquitectos jóvenes pertenecientes a la generación del 25, quienes se caracterizaban por ser seguidores de las nuevas corrientes, exponentes de una ruptura formal con la tradición clásica, partidarios

21 Martí Arís, *Las variaciones de la identidad: ensayo sobre el tipo en arquitectura*.

22 Martí Arís, 7.

23 Gerardo Olivares James, "Flexibilidad y versatilidad arquitectónica: una respuesta al metabolismo hospitalario", en *VI Reunión anual de AEHDIA* (Sevilla, 1984), 11.

24 Pilar Chías Navarro, *La Ciudad Universitaria de Madrid: génesis y realización* (Madrid: Editorial Universidad Complutense, 1986).

Anatomías
arquitectónicas primitivas
Primitive
architectural anatomies

ALBA LORENTE DE DIEGO
CÉSAR MARTÍN-GÓMEZ
FRANCISCO JAVIER CASTRO MOLINA

Radiografía de una estructura.
Eduardo Torroja y el Hospital Clínico
San Carlos de Madrid

Radiography of a structure.
Eduardo Torroja and the San Carlos
Clinical Hospital of Madrid



[Fig. 4] Fotografía del Acueducto de Tempul. Jerez de la Frontera (1927).

Fuente: "I-ETM-002-10. Acueducto de Tempul. Detalle.1." CEHOPU. Consultada April 2, 2018. <http://www.cehopu.cedex.es/etm/pict/I-ETM-002-10.htm>.

de la simplificación formal y la supresión total de toda reminiscencia histórica. Escogió a aquellos que ya tenían en su currículum antecedentes en trabajos similares, como Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas, Agustín Aguirre y Miguel de los Santos; quienes habían sido premiados con el primer y el segundo puesto respectivamente en el concurso para la construcción del Instituto Nacional de Física y Química de la Junta de Ampliación de Estudios, organizado por la fundación Rockefeller en Madrid, y tomado como criterio de selección²⁵.

Como ingeniero asesor de los temas estructurales y de infraestructuras la Ciudad Universitaria, eligió a Eduardo Torroja, quien aprovechó esta oportunidad para transformar los proyectos en experimentos estructurales con la búsqueda de soluciones únicas aplicables a varias obras, diseñando una misma trama estructural para varios edificios. Durante los primeros años de trabajo en la empresa HIDROCIVIL, redactó y dirigió sus primeros proyectos innovadores en hormigón armado, como el Acueducto de Tempul (1927) en Jerez de la Frontera [Fig. 4]. En 1927 se desligó de su profesor para crear su propia oficina de proyectos: la Oficina Técnica. Su carrera se caracterizó por su espíritu innovador y sus ganas por realizar una arquitectura moderna, que se ven reflejados en la configuración estructural de sus obras.

Para finales de 1928 estaban realizados los anteproyectos de los edificios de las facultades, que tenían criterios de organización similares: bloques paralelos de planta alargada y unidos entre sí por pasillos transversales²⁶. Para el diseño de las naves de los edificios, las cuales tenían dimensiones diferentes, Eduardo Torroja planificó el diseño de una trama regular compuesta por una pauta de tres crujeas, una central y dos laterales, sobre la que distribuir los elementos estructurales y adaptar sus dimensiones a las necesidades de cada proyecto. Así se construyeron algunas de las naves de las Facultades de Farmacia, Medicina, de Físicas; las escuelas de Odontología, Arquitectura y el Hospital Clínico San Carlos.

25 En abril de 1927 se convoca el Concurso de Anteproyectos para el Instituto de Física y Química de la Fundación Rockefeller. El proyecto ganador, de Sánchez Arcas y Lacasa, se construyó entre 1929 y 1931.

26 Joaquín Antuña Bernardo, "Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret" (Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2003), <http://oa.upm.es/1348/>.

27 Chías Navarro, *La Ciudad Universitaria de Madrid: génesis y realización*, 8.

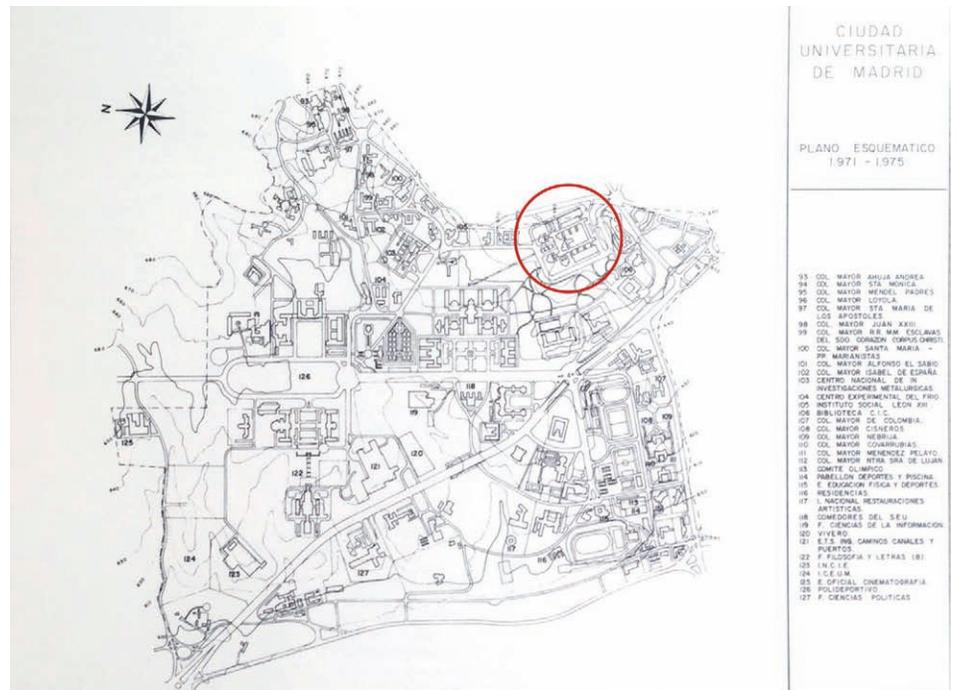
El Hospital Clínico de Madrid

Dentro del marco de la Ciudad Universitaria de Madrid, el Hospital Clínico San Carlos se erige como un edificio más dentro del conjunto universitario [Fig. 5]. El hospital fue fundado en 1787, bajo los criterios de aunar asistencia, docencia e investigación; pero su sede definitiva no llegó hasta 1928, como consecuencia del propósito de mejorar los equipos sanitarios y asistenciales de la capital española de entonces²⁷.

El diseño final del proyecto fue encargado a Manuel Sánchez Arcas, quien mantuvo el esquema general de pabellones unidos por bloques transversales del proyecto

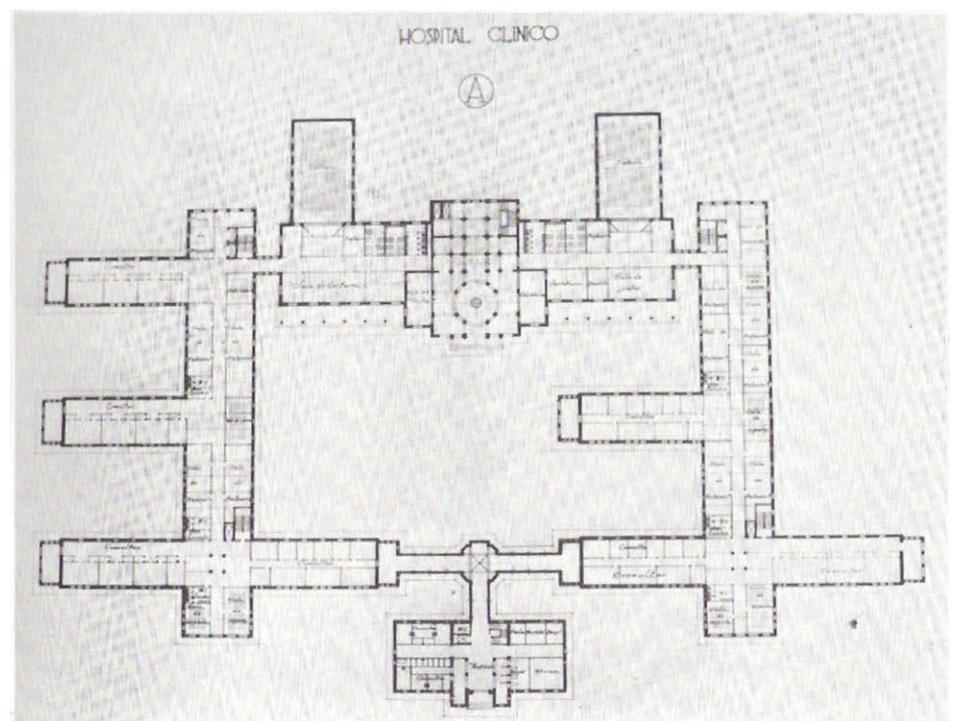
[Fig. 5] Plano de la Ciudad Universitaria de Madrid, donde se observa el Hospital Clínico San Carlos. 1971-1975.

Fuente: Chías Navarro, Pilar. *La Ciudad Universitaria de Madrid: Génesis y Realización*, 1986.



[Fig. 6] Plano del anteproyecto del Hospital Clínico San Carlos. 1928.

Fuente: Chías Navarro, Pilar. *La Ciudad Universitaria de Madrid: Génesis y Realización*, 1986.



previo [Fig. 6]. Situado en la zona de los edificios médicos²⁸, el hospital se emplaza alejado del resto de construcciones de la Ciudad Universitaria gracias a la orografía del terreno, con el objetivo de alejar a los enfermos del campus universitario y darle una mayor conexión con la ciudad.

Manuel Sánchez Arcas buscaba una arquitectura para el hospital que no tratara de desarrollar fórmulas estéticas ya preconcebidas dando forma a programas nuevos y originales, creando una estética que atendiera a las novedades que la industria del momento ponía a su disposición. En 1927 en el viaje que realizó a Estados Unidos, visitó el Presbyterian Medical Center de Nueva York, tomándolo como modelo para la organización en forma de 'peine' de la planta del clínico [Fig. 7].

Diseñó un conjunto de trazado regular y simétrico, reflejando la modernidad en los volúmenes puros de ladrillo cara vista, dónde sólo las losas de los solárium aportaron un punto de expresividad ante la desnudez formal del edificio. Este esquema da lugar a una clínica por planta, desarrollada en dos bloques principales estrechos y alargados, situando en ellos los servicios universitarios y clínicos; más seis

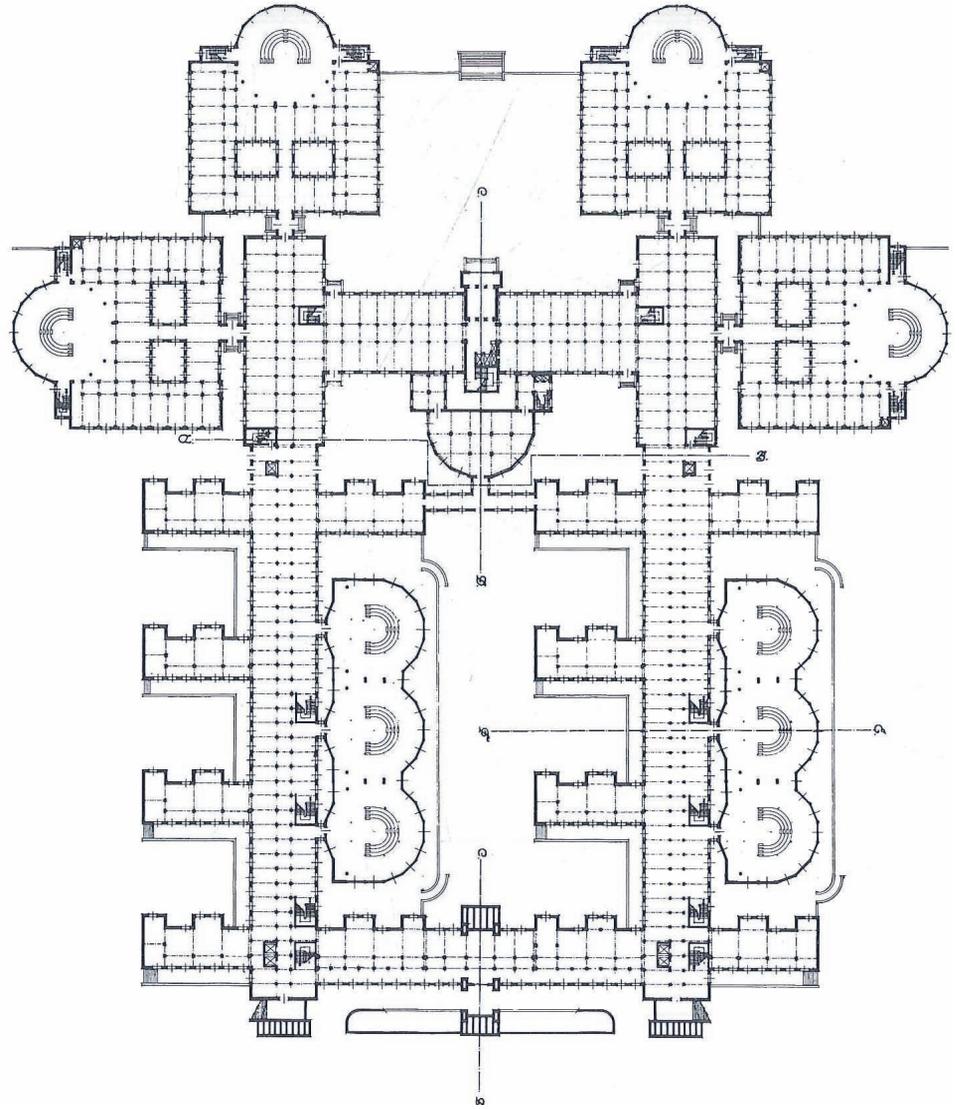
28 El campus médico lo formaban los edificios de las facultades de medicina, farmacia y la escuela de odontología. Chías Navarro, 8.

Anatomías
arquitectónicas primitivas
Primitive
architectural anatomies

ALBA LORENTE DE DIEGO
CÉSAR MARTÍN-GÓMEZ
FRANCISCO JAVIER CASTRO MOLINA

Radiografía de una estructura.
Eduardo Torroja y el Hospital Clínico
San Carlos de Madrid

Radiography of a structure.
Eduardo Torroja and the San Carlos
Clinical Hospital of Madrid



[Fig. 7] Planta del Hospital Clínico San Carlos. 1930.

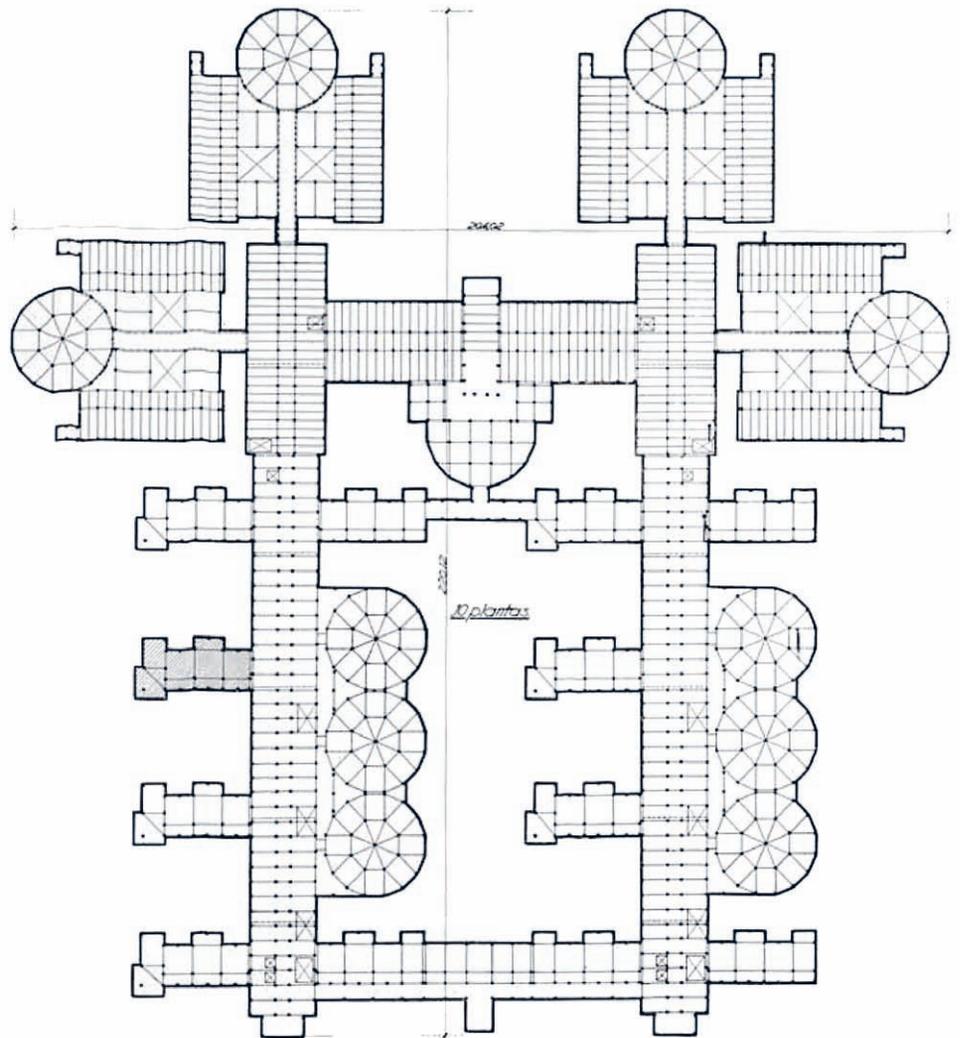
Fuente: Isasi, Justo, José León Paniagua, y Alberto Pieltain. *Hospitales. La Arquitectura Del Insalud 1986-2000*. Editado por Insalud. Madrid, 2000.

habitaciones para los enfermos con cuatro camas cada una. Ortogonalmente, en la fachada suroeste, se ubican cuatro bloques de enfermería con una capacidad para 72 camas, y otros cuatro bloques en la fachada noreste. Paralelamente a este bloque se sitúa otro con idéntica distribución, el cual forma otra clínica. Estos se unen por el noreste con otro bloque en forma de 'I', dividido en dos partes: dotaciones de enseñanza e investigación. El conjunto encierra un patio, que bajo éste, en el sótano se ubican los servicios. Además, en las esquinas se adosan cuatro piezas para alojar las cátedras quirúrgicas.

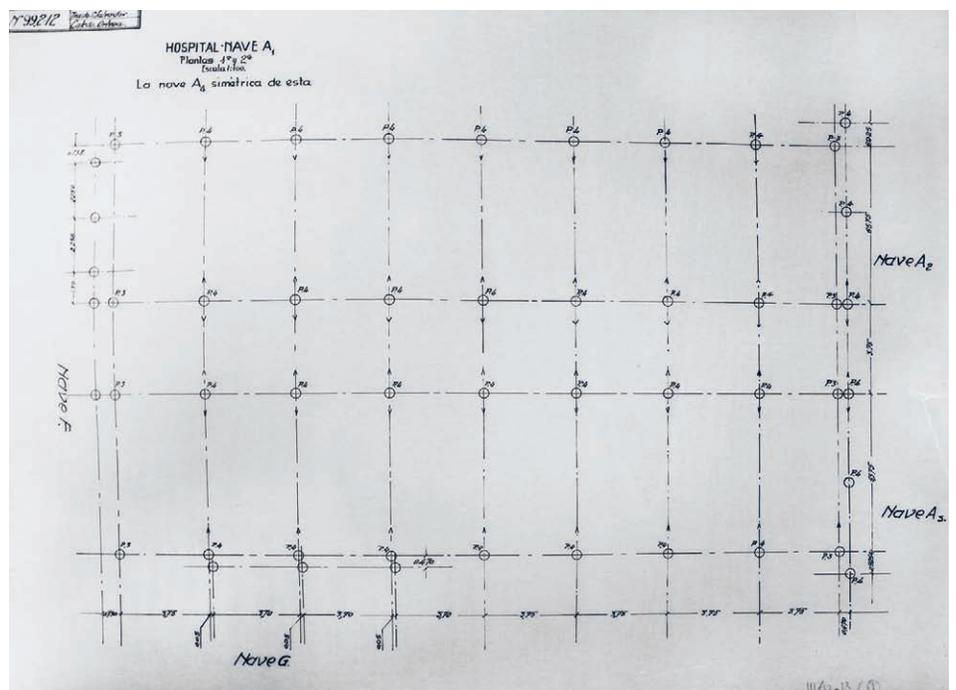
Respecto a la estructura, Eduardo Torroja proyectó el mismo esquema estructural de pilares y vigas, creando una malla 'infinita', no sólo para el Hospital Clínico San Carlos, sino también para las facultades de Medicina, Farmacia, Físicas, las escuelas de Odontología y Arquitectura. La trama regular establecida es quien condiciona las distribuciones interiores de las naves, que al llegar a la zona de comunicación con las naves transversales se ve modificada, disponiéndose de forma diferente en cada edificio²⁹.

La estructura se compuso de un forjado formado por losas de espesor constante, apoyadas sobre nervios transversales de 40 cm por 30 cm de sección, dispuestos según la retícula proyectada, formando así vigas continuas de tres tramos, que, a su vez, apoyaban sobre las vigas dispuestas longitudinalmente que unían los pilares de fachada [Fig. 8]. La modulación de las naves principales se dividió en tres cruías, dos laterales de un ancho de 6,57 metros y una central de 3,75 metros (aproximadamente la mitad del ancho de las naves laterales) [Fig. 9]. A excepción del Hospital Clínico, dónde se mantuvo la pauta de situar un pilar en cada intersec-

29 Antuña Bernardo, "Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret", 9.



[Fig. 8] Planta del esquema estructural del Hospital Clínico San Carlos. 1930.
 Fuente: Chías Navarro, Pilar. *La Ciudad Universitaria de Madrid: Génesis y Realización*, 1986.

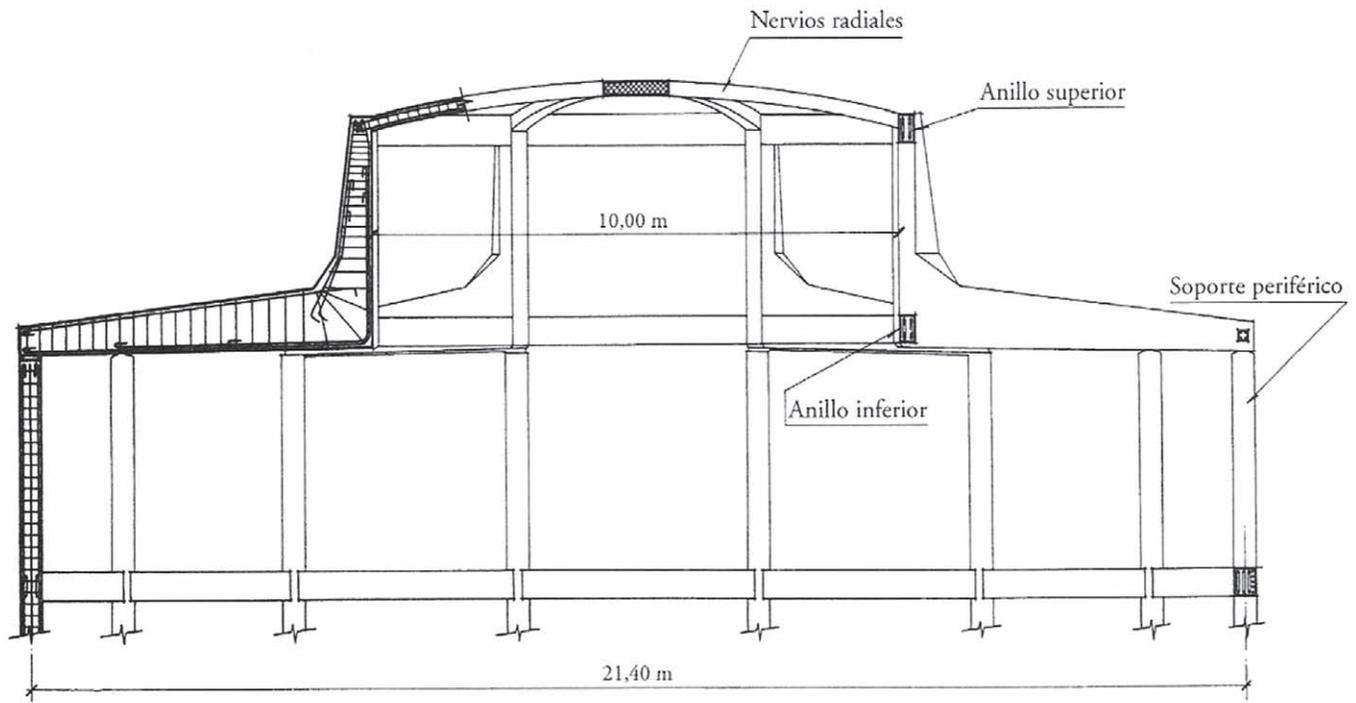


[Fig. 9] Esquema estructural de la Nave A del Hospital Clínico San Carlos. 1930 .
 Fuente: Archivo General de la Universidad Politécnica de Madrid

ción de la retícula estructural, en el resto de casos mencionados no se colocaron en todos los puntos³⁰, sino que se adaptaron al lugar haciendo alineaciones de vanos mayores, creando diferentes combinaciones sin imponer condiciones a la organización en planta de los espacios que en ella se planificó.

Sin embargo, para los espacios singulares, la solución fue particular y propia, como en el caso de las cátedras quirúrgicas. Para los quirófanos se necesitaba

30 Antuña Bernardo, 9.



[Fig. 10] Sección de la estructura espacial de la cubierta de las cátedras quirúrgicas del Hospital Clínico San Carlos. 1930. Fuente: TORROJA MIRET, Eduardo. *Las estructuras de Eduardo Torroja*. 1999. ISBN 84-498-0430-2.

un espacio libre de obstáculos, que permitiera libertad de movimiento, pero que a su vez estuviera bien iluminado. Para conseguirlo, la solución que se adoptó fue cubrir el dicho espacio con una cubierta poligonal de 21,40 metros de diámetro, compuesta por una linterna concéntrica de 10 metros de diámetro. Para ello, se construyó un conjunto estructural formado por una serie de pilares periféricos donde se apoyaba la estructura poligonal formada por un anillo inferior y otro superior, atados todos ellos con nervios en disposición radial. En definitiva, la simetría del conjunto fue quien aseguró la estabilidad del grupo estructural³¹ [Fig. 10].

Otra de las soluciones propias, fueron el diseño de los solárium de las terrazas. Situadas al final de cada uno de los bloques perpendiculares a los cuerpos principales [Fig. 11], se construyeron de losas de hormigón armado nuevamente. De planta cuadrada, la losa se apoyó en vigas en dos de sus extremos, en un pilar exento colocado en uno de sus vértices y en una viga dispuesta en diagonal entre dos pilares de fachada. Se creó así un espacio al final de cada uno de los bloques que rompía con la sobriedad formal del conjunto, aportándole expresividad, y que recuerda a las terrazas de los sanatorios antituberculosos destinadas a las sesiones de helioterapia³², una tipología sanitaria emergente en Europa que surge como respuesta a la necesidad de tratar la enfermedad de la tuberculosis, primera causa de mortalidad en Europa en aquel momento. Es en este apartado de soluciones singulares donde Eduardo Torroja más experimentó, y donde más se evidenció su 'espíritu innovador'.

En el caso de las soluciones singulares, las losas de los solariums y las cubiertas de los quirófanos, en primer lugar, se estudiaron analíticamente, y posteriormente se comprobó y ensayó su capacidad resistente. Para la primera de las soluciones, se construyó una a escala real una losa y posteriormente se realizó una prueba de carga. Para la segunda, se realizó un modelo a escala reducida. El uso del método de ensayo de modelos reducidos, era una técnica poco desarrollada en España³³. En aquellos momentos los sistemas de cálculo eran complejos y manuales, y en muchos casos no servían para hacer frente al dimensionado y conocimiento del funcionamiento estructural de las nuevas formas. El método de modelos reducidos se basaba en la construcción de maquetas a escala, con las cargas y resistencias

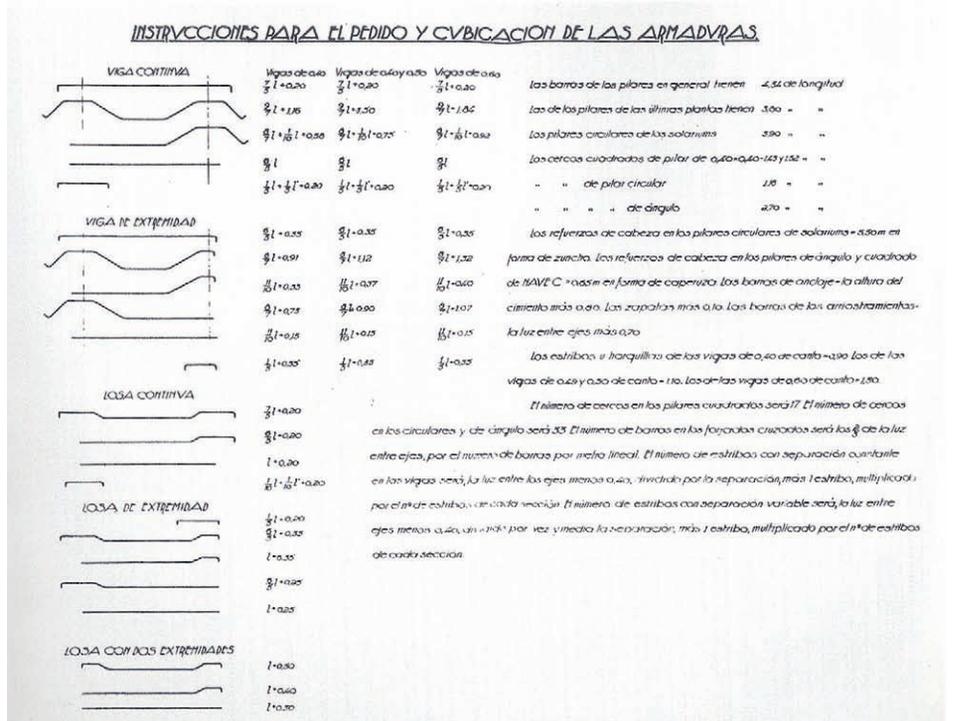
31 Eduardo Torroja Miret, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, ed. Secretaría General Técnica; Centro de Publicaciones; Ministerio de Fomento (Madrid, 1999).

32 La helioterapia se había convertido en un tipo de tratamiento empleado para diferentes enfermedades, entre ellas la tuberculosis. Para su aplicación, la arquitectura se había adaptado dotándolos de grandes terrazas orientadas habitualmente hacia el este, como recoge en su obra escrita en 1929, *Terrassentyp*, donde procura definir la tipología en aterramiento e investigar sobre el alojamiento en la habitación hospitalaria. Pedro Iglesias Picazo, *La habitación del enfermo Ciencia y arquitectura en los hospitales del Movimiento Moderno*, ed. Fundación Caja de Arquitectos (Barcelona: arquia/tesis, 2011).

33 Antuña Bernardo, "Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret", 9.



[Fig. 11] Imagen de las losas de los solárium del Hospital Clínico San Carlos. 1930. Fuente: "I-ETM-095-04_01. Hospital Clínico. Vista de Los Solariums." CEHOPU. Consultada April 2, 2018. [http://www.cehopu.cedex.es/etm/pict/lmgViewer.htm?pict=I-ETM-095-04_01.jpg&name=\[Hospital Clínico. Vista de los solariums\]&pictId=I-ETM-095-04_01](http://www.cehopu.cedex.es/etm/pict/lmgViewer.htm?pict=I-ETM-095-04_01.jpg&name=[Hospital Clínico. Vista de los solariums]&pictId=I-ETM-095-04_01).



[Fig. 12] Plano de armaduras tipo utilizado en las obras de la Ciudad Universitaria. Fuente: VV.AA. Manuel Sánchez Arcas, Arquitecto. Editado por Fundación Arquia. Colección Arquithemas. Madrid, 2003.

Anatomías
arquitectónicas primitivas
Primitive
architectural anatomies

ALBA LORENTE DE DIEGO
CÉSAR MARTÍN-GÓMEZ
FRANCISCO JAVIER CASTRO MOLINA

Radiografía de una estructura.
Eduardo Torroja y el Hospital Clínico
San Carlos de Madrid

Radiography of a structure.
Eduardo Torroja and the San Carlos
Clinical Hospital of Madrid



[Fig. 13] Fotografía del Hospital Clínico San Carlos tras la Guerra Civil Española.
Fuente: "I-ETM-381-01_01. Daños En La Estructura Del Clínico." CEHOPU.
Consultada June 9, 2018. [http://www.cehopu.cedex.es/etm/pict/lmgViewer.htm?pic=I-ETM-381-01_01.jpg&name=\[-Daños en la estructura del Clínico. 1\]&pictld=I-ETM-381-01_01](http://www.cehopu.cedex.es/etm/pict/lmgViewer.htm?pic=I-ETM-381-01_01.jpg&name=[-Daños en la estructura del Clínico. 1]&pictld=I-ETM-381-01_01).

de los materiales definidos según las proporciones, para poder establecer una comparativa real entre el modelo y la realidad. Para realizar este tipo de estudios, era necesario disponer de un espacio acorde y de aparatos de precisión. En 1930 fundó la empresa Investigaciones de la Construcción S.A., ICON, especializada en los ensayos de modelos físicos³⁴. Esto le permitió a Torroja lanzarse a la realización de importantes estructuras y desarrollar un método científico de análisis estructural; siendo reconocido prontamente a nivel internacional como "*el padre de los ensayos científicos sobre modelos reducidos*"³⁵. El conocimiento de la técnica fue el instrumento que le permitió construir nuevas formas resistentes para la arquitectura y la ingeniería, realizando obras como el Frontón de Recoletos (1935) o el Hipódromo de la Zarzuela (1931).

Consciente de que el vehículo para llegar a la libertad de los avances técnicos es la investigación, junto con la popularidad que alcanzó en España el uso del hormigón armado, en 1934, Eduardo Torroja promueve, junto a otros arquitectos e ingenieros³⁶, la fundación de un centro de investigaciones científicas, el Instituto Técnico de la Construcción y Edificación. La actividad de dicho Instituto iba destinada a potenciar la utilización del hormigón en España y avanzar en sus posibilidades de uso, haciéndose eco de la importancia que estaba alcanzando fuera de nuestras fronteras y de la gran necesidad que tenía la arquitectura española de equiparar su nivel técnico con el del resto de los países europeos³⁷. Hasta entonces en España no se contaba con los medios, ni con la financiación para costear centros de investigación capaces de impulsar los nuevos avances constructivos. Sólo existía el Laboratorio Central para la Investigación y Ensayos de Materiales Aplicables a las Construcciones, inaugurado en 1899 como un servicio anejo a la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid³⁸.

Pero el camino de la innovación no sólo se quedó en la utilización de un novedoso sistema de estudio estructural. Torroja trabajaba en un contexto internacional donde la modernidad, el hormigón armado y la producción en serie comenzaban. No así pasaba en España, donde la mano de obra barata y la falta de investigación, desarrollo e innovación ralentizaron el tiempo de cambio. Sin embargo, Torroja planteó un sistema de representación de planos de estructuras [Fig. 12], basado en la utilización de un número limitado de despieces de armaduras, con la definición de las longitudes de las barras en función de la luz de la pieza. Del cálculo se obtenía la cantidad de acero necesaria y el proyectista elegía el diámetro de las barras y el modelo de despiece a colocar, bastando definir el armado,

34 Cassinello Plaza, "Eduardo Torroja. Técnica y Modernidad", 2.

35 Cassinello Plaza, 2.

36 Fundado en noviembre de 1934, la junta directiva del instituto quedó constituida de la siguiente manera: presidente, D. Modesto López Otero, vicepresidente, D. Alfonso Peña Boeuf, vocales, D. José Ma Aguirre Gonzalo, D. Gaspar Blein, D. José Petrirena y D. Manuel Sánchez Arcas y secretario, D. Eduardo Torroja Miret.

37 Teresa Sánchez de Lerín García-Ovies, "Modesto López Otero: vida y obra" (Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, 2000).

38 Cassinello Plaza, "Razón científica de la modernidad española en la década de los 50", 3.



[Fig. 14] Fotografía del Hospital Clínico San Carlos. 2017.

Fuente: Imagen del autor.

el despiece y el diámetro de la barra necesaria³⁹. El sistema se desarrolló con la voluntad de facilitar la producción de la armadura y normalizar los elementos a utilizar, en un signo de prefabricación.

La construcción del hospital comenzó en 1931, pero se paró en 1936 a causa del inicio de la Guerra Civil Española. Durante ésta, de 1936 a 1939, la Ciudad Universitaria se convirtió en un punto estratégico de batalla durante la guerra, con combates de mayor o menor intensidad, que dejaron graves destrozos en los edificios de la Ciudad Universitaria y el Hospital Clínico⁴⁰ [Fig. 13].

En febrero de 1940, se constituyó la Junta Constructora de la Ciudad Universitaria de Madrid, aprobando en 1941 la reconstrucción del hospital. Los nuevos arquitectos encargados de la reconstrucción fueron: Miguel de los Santos, Pascual Bravo y Agustín Aguirre, quienes siguieron el proyecto original de Manuel Sánchez Arcas. El hospital se inauguró finalmente en 1949⁴¹.

La rápida evolución de la tecnología y de las prácticas médicas durante los años sesenta y setenta, sumado a una mala gestión y una época de dificultades económicas, hizo llegar al Hospital Clínico San Carlos a los años ochenta a una situación difícil. Las instalaciones estaban obsoletas y los espacios interiores desorganizados⁴², haciendo todo ello un conjunto arquitectónico ineficaz que afectaba a la asistencia cotidiana⁴³. Con la aprobación de la Ley General de Sanidad en abril de 1986, se puso en marcha una serie de mecanismos que impulsaron la transformación de hospitales ya existentes. Este mecanismo fue la redacción de Planes Directores.

El Plan Director del Hospital Clínico San Carlos fue redactado por el arquitecto Alfonso Casares en 1990. Se basó en un primer estudio del estado actual del edificio, su estructura y sus instalaciones. El plan se desarrolló en tres fases. La Fase 0 de 1990 a 1994, se centró en asentar las bases para las fases siguientes, realizando remodelaciones para liberar espacio y permitir un desarrollo más rápido posteriormente. En esta fase se renovó los circuitos generales de las instalaciones principales, estableciéndose una serie de anillos nuevos de instalaciones alrededor del edificio, en la parte de los sótanos para afrontar con mayor facilidad las siguientes fases de las obras. La Fase I de 1996 a 2002, supuso la remodelación del 46% de la superficie construida. Se enfocó en el ala sur del hospital y la totalidad de las plantas bajas y semisótanos, afectando a las unidades de hospitalización, UCI, hemodinámica y más áreas, sin afectar a la labor asistencial, investigadora y docente del hospital. El objetivo fundamental de esta fase fue la concentración

39 Antuña Bernardo, "Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret", 9.

40 La situación estratégica del Hospital Clínico, en la cima del cerro, proporcionaba un dominio estratégico en la defensa y una visión de toda la meseta del campus. El 17 de noviembre las tropas nacionales atacaron el Hospital Clínico, luchándose con dureza en las naves y galerías de su interior. Tras la batalla, la Ciudad Universitaria quedó repartida entre los dos ejércitos, estando en ocasiones separados escasamente por unos pocos metros. Esta situación se mantuvo hasta el final de la contienda, marzo de 1939.

41 Hospital Clínico San Carlos, "Historia. La Guerra Civil", accedido 7 de mayo de 2018, http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1142399371432&language=es&pagename=HospitalClinicoSanCarlos%2FPPage%2FH-CLN_contenidoFinal.

42 Justo Isasi, José León Paniagua, y Alberto Pieltain, *Hospitales. La arquitectura de Insalud 1986-2000*, ed. Insalud (Madrid, 2000).

43 Fomento de Construcciones y Contratas, "Remodelación del Hospital Clínico San Carlos de Madrid", *Técnicas Constructivas* 4 (2009): 47-63.

de recursos de servicios generales, tanto asistenciales como hoteleros o de instalaciones. Por ejemplo, las habitaciones eran de 6 camas sin aseo incorporado, y fueron sustituidas por habitaciones de 1 o 2 camas con aseo incorporado, contribuyendo a la mejora del bienestar de los pacientes. La última de las fases, Fase II, comenzó 2007 y finalizó en 2011, veinte años después de comenzar las primeras obras. Se centró en la remodelación de la zona de hospitalización y área de quirófanos de la zona norte, donde al igual que en la zona sur, se redujeron el número de camas por habitación.

Con la aplicación del Plan Director el hospital volvió al origen, devolviendo el equilibrio a cada una de las plantas, con a la liberación de espacio y absorción de los anteriores añadidos, lo cual fue posible gracias a la flexibilidad estructural interna del edificio.

Conclusiones

El objeto de este artículo era relatar justificadamente como el planteamiento y diseño de la estructura, había permitido el uso continuado de un edificio sometido a cambios permanentes a lo largo de más de 80 años. Así, se ha realizado un recorrido histórico y crítico a través de los sistemas estructurales y las tipologías hospitalarias en relación al Hospital Clínico San Carlos. Por ello, no debe dejar de mencionarse que sin dejar de lado las necesidades proyectuales de cada edificio, Eduardo Torroja diseñó una misma trama estructural para varios edificios de la Ciudad Universitaria de Madrid, siendo un primer síntoma de la capacidad de adaptación de las nuevas estructuras.

No cabe olvidar, que los hospitales son edificios en continuo funcionamiento y cambio, pues su fin último es el bienestar de los pacientes, lo que lo ata inevitablemente a los cambios que la sociedad genera. Además, sumando a la rápida evolución de las innovaciones tecnológicas, hacen que el concepto de flexibilidad aparezca como una capacidad esencial.

El concepto de flexibilidad se aplica en la estructura del Hospital Clínico San Carlos, como la revelación de un orden que genera una diversidad de espacios, tanto en el origen del proyecto como en su futuro. En él, se presenta una malla 'infinita' de vigas y pilares de hormigón armado, como una base reticulada y fija donde distribuir los distintos espacios. Ésta establece un ritmo constante, bien modulado, que lejos de coartar al proyecto le ha aportado la capacidad de transformación a lo largo del tiempo.

La aplicación del Plan Director reestructuró por completo el hospital 30 años después de su inauguración. Se transformó la estructura funcional del mismo, apoyándose en un edificio antiguo, pero bien concebido y el cual seguía proporcionando una estructura válida para la incorporación de nuevas tecnologías y equipamientos⁴⁴. Tras la culminación del plan, el edificio conservó su geometría original [Fig. 14], algo que valida la validez de la extraordinaria concepción de la estructura original pues, desafortunadamente, son pocos los casos de edificios de los años veinte y treinta del pasado siglo, ya estén en España o en el extranjero, que puedan continuar su vida útil a lo largo de casi un siglo sin apenas alterar los principales valores arquitectónicos que los definen.

Bibliografía

- Antuña Bernardo, Joaquín. 2003. Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret. Tesis doctoral. Dirección: Ricardo Aroca Hernández-Ros. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. <http://oa.upm.es/1348/>.
- Campo Baeza, Alberto. 2003. Una arquitectura limpia. La arquitectura de Sánchez Arcas. *Manuel Sánchez Arcas : arquitecto*, 132-43. Madrid: Fundación Caja de Arquitectos. <http://oa.upm.es/30460/>.
- Cassinello Plaza, María Josefa. 2018. Eduardo Torroja. Técnica y Modernidad. *La tecnología y la arquitectura moderna (1925-1975): mito y realidad*, 21-32. Pamplona: T6 Ediciones.
- Cassinello, M.J. 2000. Razón científica de la modernidad española en la década de los 50. *Los años 50*, 1.ª ed., 21-38. Pamplona: T6 Ediciones.
- Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU). "Hormigón armado". Accedido 2 de junio de 2018. http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/H40.php?id_tema=85.
- Chías Navarro, Pilar. 1986. *La Ciudad Universitaria de Madrid: génesis y realización*. Madrid: Editorial Universidad Complutense.
- Corbusier, Le. 1927. "Oú est l'architecture?", *L'Architecture Vivante*.
- Fomento de Construcciones y Contratas. 2009. "Remodelación del Hospital Clínico San Carlos de Madrid", *Técnicas Constructivas* 4: 47-63.
- Guerras, Juan José Santos. 2003. "Verticalidad versus horizontalidad. historia de la construcción de hospitales en el siglo xx", *Informes de la Construcción* 55, nº Figura 1: 13.
- Hospital Clínico San Carlos. "Historia. La Guerra Civil". Accedido 7 de mayo de 2018. http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1142399371432&language=es&pagename=Hospital-ClinicoSanCarlos%2FPage%2FHCLN_contenidoFinal.
- Isasi, Justo, José León Paniagua, y Alberto Pieltain. 2000. *Hospitales. La arquitectura del Insalud 1986-2000*. Madrid: Insalud.
- Lerín García-Ovies, Teresa Sánchez de. 2000. Modesto López Otero: vida y obra". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Marcos Rodríguez, Ignacio, José Tomás San José Lombera, Jesús Cuadrado Rojo, y Larrinaga P. 2014. "Las patentes en la introducción del hormigón armado en España: caso de estudio de la Alhóndiga de Bilbao", *Informes de la construcción* 66, n.º 534: 10-11.
- Martí Arís, Carles. 1993. *Las variaciones de la identidad: ensayo sobre el tipo en arquitectura*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Ministerio de Fomento. 2010. "1903-1910: Empresas y patentes españolas". Hormigón Armado en España 1893-1936. http://www.cehopu.cedex.es/hormigon/temas/H24.php?id_tema=13.
- Olivares James, Gerardo.1984. Flexibilidad y versatilidad arquitectónica : una respuesta al metabolismo hospitalario. *VI Reunión anual de AEHDIA*, 11. Sevilla.
- Pedro Iglesias Picazo. 2011. *La habitación del enfermo Ciencia y arquitectura en los hospitales del Movimiento Moderno*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.
- San Antonio Gómez, José Carlos de. 2006. "La influencia americana en la arquitectura hospitalaria en la España de los años treinta", *La arquitectura norteamericana, motor y espejo de la arquitectura moderna española en el arranque de la modernidad (1940-1965)*, 1.ª ed., 217-26. Pamplona: T6 Ediciones..
- Torroja Miret, Eduardo. 1999. *Las estructuras de Eduardo Torroja*. Madrid: Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento.
- Torroja Miret, Eduardo.1957. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.