

Modularidad y prefabricación abovedada. Colombia como germen de una tradición moderna. La experiencia bogotana y su influencia en Latinoamérica

Modularity and prefabricated dome structures. Colombia as the seed of a modern tradition. The experience in Bogota and its influence in Latin America

Modularidade e pré-fabricação abobadada. A Colômbia como germe de uma tradição moderna. A experiência bogotana e sua influência na América Latina

Recibido: 17 de noviembre de 2018. Aceptado: 13 de mayo de 2019

DOI: <https://doi.org/10.18389/dearq25.2019.04>

Artículo de Investigación

Resumen

En los años cincuenta del siglo pasado, los arquitectos colombianos Álvaro Ortega y Francisco Pizano diseñaron viviendas siguiendo avanzados criterios de modularidad e industrialización, en consonancia con los postulados de ese periodo y con un alto grado de originalidad. Sus propuestas se reflejan en un buen número de construcciones posteriores en toda Latinoamérica. El artículo demuestra, adicionalmente, cómo la casa de Pizano sirvió de inspiración para Le Corbusier y, posteriormente, para las viviendas abovedadas latinoamericanas de los años cincuenta, sesenta y setenta; por tanto, demuestra la influencia de la arquitectura bogotana en esta tipología estructural de la bóveda prefabricada, como antecedente y consecuente de este tipo edificatorio.

Palabras clave: estructuras, prefabricación, bóvedas, modularidad, Pizano, tabicadas, viviendas.

Abstract

In the 1950s, Colombian architects Álvaro Ortega and Francisco Pizano designed highly original dwellings by following advanced criteria in modularity and industrialization that were in line with the postulates of this period. Their approaches are reflected in a large number of constructions that were later-built throughout Latin America. Additionally, this article demonstrates how Pizano's house was an inspiration for Le Corbusier and then later for Latin American domed dwellings in the 1950's, 60's, and 70's. It, therefore, demonstrates the influence of architecture from Bogota in terms of this structural typology (the prefabricated dome) as both an antecedent and consequence of this type of building.

Key words: structures, prefabrication, domes, modularity, Pizano, partitions, dwellings.

Resumo

Nos anos 1950, os arquitetos colombianos Álvaro Ortega e Francisco Pizano desenharam moradias que seguiam avançados critérios de modularidade e industrialização, de acordo com as imposições desse período e com muita originalidade. Suas propostas são refletidas em muitas construções posteriores em toda a América Latina. Além disso, este artigo demonstra como a casa de Pizano serviu de inspiração para Le Corbusier e, em seguida, para as moradias abobadadas latino-americanas dos anos 1950, 1960 e 1970. Portanto, demonstra a influência da arquitetura bogotana nessa tipologia estrutural da abóboda pré-fabricada como antecedente e consequente desse tipo de edificação.

Palavras-chave: estruturas, pré-fabricação, abóbodas, modularidade, Pizano, tabicadas, moradias.

Juan Manuel Medina

Facultad de Arquitectura y Diseño Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

✉ jm.medina@uniandes.edu.co**Julián García**

Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, España.

✉ julian.garciam@upm.es**Juan Antonio Rodríguez**

Escuela de Arquitectura, Universidad Nebrija, Madrid, España.

✉ arqtopsia@arqtopsia.es**Introducción: prefabricación, modulación y construcción abovedada**

Al describir la encrucijada en la que se encontraba la arquitectura para vivienda a mediados del siglo XX, el profesor Carlos Sambricio destacaba que “dos problemas fundamentales caracterizaron aquellas décadas: uno, la definición de un programa de necesidades mínimo en la vivienda económica; el otro, la gestión y definición de un nuevo modelo urbano”. Pero no solo el programa arquitectónico y el urbanístico fueron fundamentales: “frente a problemas formales, la construcción (la técnica del saber) ofreció, en cada momento, respuestas precisas al problema de la vivienda. Primero se inició el debate sobre la estandarización o normalización de los elementos y luego sobre su industrialización y prefabricación, mediada la segunda mitad del siglo la preocupación se llevó a la modulación y la repetición de soluciones”.¹

En efecto, entre los años cuarenta y sesenta del pasado siglo XX se produjo un cambio en el interés de la actividad arquitectónica y constructiva, un cambio que inició con la innovación en los sistemas de industrialización o prefabricación (lo que dejó numerosas patentes en las décadas de los cuarenta y de los cincuenta), que avanzó progresivamente hacia la estandarización constructiva (lo que originó diversas normas básicas) y que condujo, entrados ya los años sesenta, al ejercicio de la combinatoria aplicada a la geometría arquitectónica, lo cual permitió adaptar los productos industriales a programas arquitectónicos de creciente complejidad.

Estos cambios se pueden observar no solo en la gran arquitectura prefabricada de aquellos años, sino también en un campo poco conocido: el de la construcción de vivienda económica cubiertas con bóvedas ligeras, muy especialmente en el de la prefabricación de cáscaras abovedadas. Los arquitectos y los constructores colombianos estuvieron en la vanguardia de la innovación con estas técnicas, al poner en práctica —de forma pionera— la repetición y la combinación de soluciones para lograr objetivos de adaptabilidad programática y economía constructiva. Sin embargo, la falta de difusión de esta tradición colombiana precisa una revisión específica de la importancia de los arquitectos de este país en el panorama de las bóvedas tabicadas en Latinoamérica. El presente artículo muestra los ejemplos más representativos de este panorama en Colombia con el fin de que sirva de impulso a más investigadores a profundizar en este campo aún con muchas interrogantes por descubrir.

Origen de la bóveda tabicada. Le Corbusier y la casa Pizano

Antes de comenzar a repasar casos de modularidad y repetición en el sistema abovedado, resaltamos la influencia de Colombia en algunas construcciones clave de Le Corbusier. Las bóvedas tabicadas son, en términos arquitectónicos, una solución óptima para conseguir espacialidad con luces adecuadas al uso de vivienda y, en términos estructurales y constructivos, la forma más barata que se encontró en la época para resolver soluciones de vivienda social. Le Corbusier conocía

1. Sambricio, “Cuando la vanguardia arquitectónica fue construcción”, 23.

las bóvedas tabicadas, al menos, desde 1928. Los croquis que trazó en el cuaderno XX sobre la cubierta de las escuelas de la Sagrada Familia (A. Gaudí, 1909) muestran que se interesó tanto por la peculiar configuración geométrica del edificio como por su composición constructiva. Es probable, además, que supiera del empleo de estas bóvedas por otros arquitectos españoles con los que le unían lazos de colaboración o amistad: José Luis Sert las empleó en sus conocidas casas del Garraf (1935); Antonio Bonet, con variantes, en las Casas Berlingieri (1947) o Ricarda (1953).

Sin embargo, no fue este conocimiento lo que lo llevó a emplear su particular versión de la bóveda tabicada en dos proyectos de gran influencia posterior: las casas Sarabhai (Ahmadabad, 1955) y Jaoul (París, 1955). Existe acuerdo en la comunidad académica respecto a que la influencia más inmediata fue su reencuentro con estas bóvedas en Bogotá, en 1950, en la entonces recién construida casa del arquitecto local Francisco Pizano de Brigard.²

Por desgracia, ya no existe la Casa Pizano. Conocemos bien, sin embargo, su configuración arquitectónica y constructiva. El edificio, de planta en L, constaba de tres crujías, la más larga de ellas de doble altura. Todas las estructuras horizontales eran bóvedas de cañón recto rebajadas, tabicadas, de dos roscas. Estaban rematadas al exterior, en las cubiertas, por una capa de mortero hidrofugado. Las bóvedas descansaban sobre vigas de borde de hormigón, atirantadas (solo en las crujías laterales; en la crujía central el atirantamiento se consideró lógicamente innecesario) mediante tensores de acero para aliviar los problemas de empuje que generaba la bóveda de fábrica. No se conocen los detalles de los materiales ni del proceso de construcción—salvo por los croquis realizados por Le Corbusier, que no son excesivamente precisos—; pero parece que se construyeron empleando un ladrillo “tablón” —una pieza hueca de $24 \times 16 \times 5$ cm, similar a la que se prescribe para el proyecto de la Casa Bermúdez-Samper—, morteros de fraguado rápido y una cimbra corredera convencional.

2. Gulli, “La huella de la construcción tabicada”, 81-82.

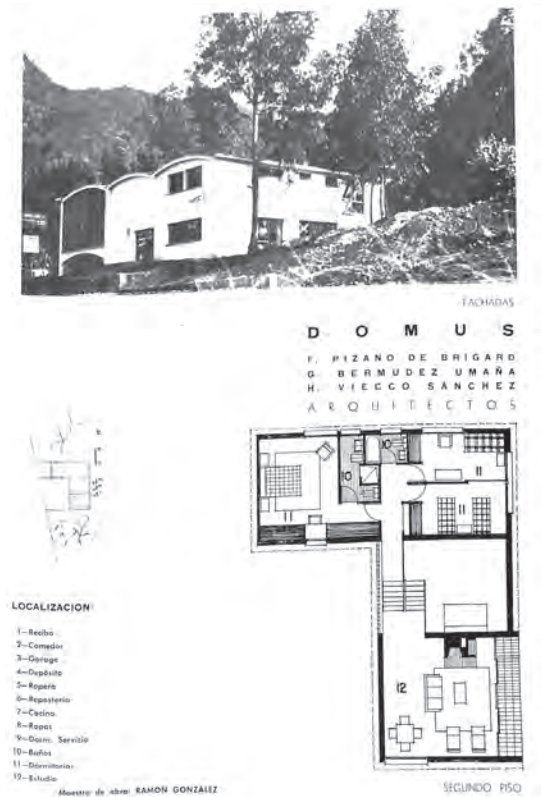


Figura 1. Casa Pizano (Pizano, 1950). Planta y fachada. Fuente: Revista Proa Número 44.



Figura 2. Interior casa Pizano. Revista dearquitectura 03.

La técnica de construcción de las bóvedas tabicadas, habitual en la tradición del mediterráneo, era inusual en Bogotá, pese a que, en la ciudad, como se ha mencionado, se construyeran con cierta frecuencia edificios modernos abovedados con fábrica armada u hormigón. Al contrario que en otras zonas de Iberoamérica, en Colombia no hay registro de sistemas abovedados en la construcción

vernácula, y los precedentes ilustres (como las bóvedas de la escalera del Observatorio Astronómico bogotano, obra de fray Domingo de Petrés) son puntuales. El motivo más plausible para que se emplearan bóvedas tabicadas en la construcción del edificio fue la estrecha relación de Pizano con un arquitecto y constructor de origen español, Fernando Murtra, que construyó diversas tabicadas en la zona. J. L. Rodríguez no duda de ello: "La bóveda catalana de la Casa Pizano fue hecha así porque el arquitecto contó con la ayuda del catalán Fernando Murtra; incluso los obreros que trabajaban con él eran catalanes. Sin Murtra de por medio, seguramente se hubiera utilizado concreto, pues para la época el concreto se asociaba con ser moderno".³

Hay que reseñar que Pizano, quien posteriormente empleó también la fábrica armada o el hormigón en otros edificios en el área de Bogotá, era plenamente consciente del funcionamiento estructural de las bóvedas que había construido en su casa. En una entrevista realizada en 2002 (Gutiérrez) afirmaba:



Figura 3 Escalera interior de la Casa Pizano (Pizano, 1950) en revista Dearquitectura 03

Fue entonces cuando hicimos varias casas, entre esas la mía, localizada en los cerros orientales de Bogotá cerca del colegio Nueva Granada, la cual fue demolida. En esa casa ensayamos, yo creo que, por primera vez en Colombia, la construcción moderna de bóvedas de empuje en ladrillo, como todas las catalanas que tienen todas las construcciones en Cartagena. El diseño contemplaba tres bóvedas y en su interior tenía una escalera muy esbelta hecha en tabletas de ladrillo de empuje. Probablemente la casa no era muy práctica, pero era muy bonita volumétricamente.⁴

Pizano empleó bóvedas tabicadas en algunos otros proyectos, pero abandonó progresivamente su empleo. En una entrevista posterior aclaró que los motivos no habían sido de orden técnico:

Como anécdota, y también como auto recriminación; mi casa actual no tiene bóvedas porque cuando era decano y profesor de taller en Los Andes, me enteré que los alumnos decían '¡a Pizano hágale bóvedas que con eso le pone cinco!' En parte por eso cambié. Luego me arrepentí, no porque no me guste el espacio de esta casa en la que aún vivo, sino porque el espacio abovedado me sigue pareciendo muy llamativo.⁵

La Casa Pizano no sentó un precedente local en cuanto a la técnica empleada (aunque sí, como se verá más adelante, en cuanto a tipología constructiva y arquitectónica); en Colombia fueron pocos los edificios posteriores en los que se emplearon bóvedas tabicadas. En otras zonas de Iberoamérica, en cambio, se construyeron en los años siguientes un buen número de viviendas tabicadas con clarísimas semejanzas con la Casa Pizano.⁶

Existen otros casos de modulaciones similares, basadas en bóvedas consecutivas y atirantadas, en edificios del siglo XX. Las casas del Garraf, construidas por Josep Lluís Sert, en Barcelona, en 1935, suelen citarse como uno de los principales ejemplos iniciales; pero también otros edificios encajan en este esquema, como la conocida Casa Berlingieri, que Antonio Bonet construyó en 1947, en Uruguay.

3. Rodríguez, "Memorias de los años 50", 16-29.

4. Gutiérrez, "Conversación con Francisco Pizano", 97-119.

5. Rodríguez, "Memorias de los años 50", s. p.

6. García, Magdalena y Medina del Río, "La Casa Pizano y la bóveda ligera en Colombia".

Sin embargo, fue la Casa Pizano (Francisco Pizano, Bogotá, 1950-1951), previa a (e inspiradora de) los mencionados edificios de Le Corbusier, uno de los primeros ejemplos de vivienda en incorporar una estrategia habitual en la arquitectura clásica, pero que suponía una pequeña novedad en el esquema estructural abovedado moderno: en la Pizano, los únicos tirantes necesarios para aguantar la bóveda (“de empuje”) son los de los módulos laterales. Esta estrategia es una variante del contrafuerte de fábrica típico, empleado en un gran número de edificios, que permite, en series de bóvedas consecutivas, eliminar los tirantes centrales, ya que en las medianeras las bóvedas se “contrarrestan unas con otras”⁷ y, a efectos de cálculo, se puede considerar que solo empujan en los últimos muros laterales de la construcción. La opción tradicional del contrafuerte —como en las Casas en Usera (Madrid, Moya, 1942)— es sustituida en la Pizano por el atirantado de las crujiás laterales, que actúan como elemento de contención de empujes del conjunto de bóvedas, y no de cada unidad, algo que influyó en otros muchos edificios.

Modulación de sistemas abovedados en la arquitectura posmoderna

Módulos y bóvedas en el siglo XX

Encontrar la bóveda tabicada como sistema constructivo barato y repetitivo fue clave para los siguientes años en Latinoamérica, y la modularidad que implica la construcción abovedada ha sido objeto de numerosos estudios. Históricamente, las estructuras abovedadas, en busca de garantizar un adecuado descenso de cargas, se han articulado de acuerdo con patrones regulares que fuerzan un determinado orden en la disposición de los elementos constructivos. Así, iglesias de varias naves o claustros aparentemente complejos responden en realidad a premisas de modularidad relativamente simples, emparentadas con crecimientos aditivos o, en los casos más elaborados, fractales.

La arquitectura posmoderna estuvo muy interesada por el ejercicio de la combinatoria aplicada a la arquitectura. Un caso paradigmático es el de

Rafael Leoz, cuya corta carrera estuvo centrada en el desarrollo de sistemas de combinación y optimización de soluciones modulares, una obsesión de la que dejó constancia en *Redes y ritmos espaciales*. Los trabajos de Leoz versaron casi exclusivamente sobre combinatoria geométrica, y aunque sus estudios estuvieron bastante desconectados de la realidad constructiva, desarrollos conceptuales suyos como el módulo Hele (junto a Joaquín Ruiz Hervás), dado a conocer en la Bienal de São Paulo, de 1961, o las estructuras hiperpoliédricas, de finales de la década de los sesenta, suscitaron el interés de figuras de la talla de Mies Van der Rohe o Le Corbusier, e influyeron en muchas construcciones *high tech* de las décadas siguientes. En los años sesenta, estos postulados sobre combinatoria convergieron con los de la construcción abovedada. En aquella década, la posmodernidad arquitectónica había retomado, con variantes sustanciales, la construcción de bóvedas, que el movimiento moderno había prácticamente proscrito años antes.

Bóvedas y láminas posmodernas

Para entender las posibilidades de la combinatoria es necesario conocer el contexto técnico. La Casa Pizano fue uno de los muchos edificios iberoamericanos que se cubrieron con bóvedas a mediados del siglo XX. Pero no solo se emplearon bóvedas ladrillo: estas convivieron, en unos años de extraordinaria efervescencia de soluciones estructurales experimentales, con otros muchos sistemas de construcción abovedada o laminar de poco espesor, desde la cerámica armada a las cáscaras de hormigón. No existe un estudio taxonómico que sistematice las diferentes técnicas de construcción abovedada que se ensayaron en Iberoamérica en aquellos años; solamente en Colombia se construyeron, en los años cincuenta, cientos de bóvedas y cáscaras empleando técnicas muy diversas. Muchas de ellas mantienen algunas características comunes (formas semejantes, espesores mínimos); pero tienen también grandes diferencias en lo que respecta a sus materiales constituyentes, a su funcionamiento estructural o a los procesos necesarios para su construcción.

7. Moya, *Bóvedas tabicadas*.

Sin embargo, un rasgo común a todas las estructuras abovedadas unificaba, desde el punto de vista de la disposición de elementos combinados, estos edificios: la existencia de empujes generados por las bóvedas, empujes que debían ser contrarrestados de algún modo. Este rasgo, que en principio puede parecer un límite para las posibilidades combinatorias, resultó, sin embargo, un acicate para la limpieza en la articulación de muchas tramas constructivas. El presente trabajo se centra en la modulación de las bóvedas prefabricadas colombianas, uno de los sistemas que más influyó en la construcción abovedada en toda Iberoamérica en aquel tiempo.

Algunos antecedentes internacionales. Bóvedas seriadas de ladrillo

Las casas de los peones de Le Corbusier en Chandigarh

Un primer ejemplo de cierto interés para entender los problemas derivados de la iteración de estructuras abovedadas es el proyecto, nunca construido, de las Casas de los Peones de Chandigarh. Inspirado probablemente en edificios de menor escala y diferente intención, como las Casas del Garraf (1935) de J. L. Sert, Le Corbusier diseñó en 1951, después de visitar las bóvedas de la mencionada Casa Pizano, un sistema de cubiertas con bóvedas para un proyecto a medio camino entre la vivienda social y la arquitectura de cooperación: las casas para los trabajadores de los edificios a construir Chandigarh, en la India. El arquitecto suizo ya había propuesto sistemas industrializados abovedados para otros proyectos, como Roq y Rob (1949), en Roquebrune-Cap-Martin, Francia; algunos autores proponen que, para Le Corbusier, las soluciones de la arquitectura vernácula tenían sentido en viviendas privadas, de cierto prestigio; mientras que las soluciones industrializadas eran más propias de contextos de necesidad.⁸

El proyecto de las Casas para Peones aprovechaba algunas de las posibilidades de la tecnología abovedada para construir con bajo coste en condiciones límite: el esquema estructural, de mero

crecimiento aditivo, era de gran simplicidad, con cuerpos paralelos y adosados cubiertos con bóvedas (finalmente de ladrillo, dados los limitados recursos locales) sobre medianerías compartidas, lo que permitía economizar en esta partida. Sin embargo, no se pretendía aprovechar el encadenamiento de empujes (como sí sucedía en la Casa Pizano, solo atirantada en sus crujías laterales) y el atirantamiento existía en todas las crujías. De hecho, Le Corbusier previó una solución estructural en la que el ladrillo únicamente era encofrado para el hormigón que, junto con el atirantado metálico de todos los módulos, eran los elementos considerados en los cálculos. En palabras de Gulli:

[...] en estas verificaciones estructurales no se considera la colaboración de la resistencia de ladrillo. El esquema estático de toda la configuración abovedada se asimila al de un arco de hormigón con un tirante por debajo para contrarrestar el empuje horizontal. Un esquema estático indiferente a las peculiares respuestas estructurales generadas por el empleo del tradicional sistema constructivo tabicado. Por tanto Le Corbusier sustrae el valor constructivo de la técnica original. Lo que queda es, sobre todo, su expresión formal.⁹

Las casas de los peones no se construyeron; pero sí lo hicieron las Atira Low Cost Houses,¹⁰ un edificio inspirado en el anterior que el reciente premio Pritzker B. V. Doshi levantó en Ahmehabad, entre 1956 y 1960.

Prefabricación de bóvedas en Colombia

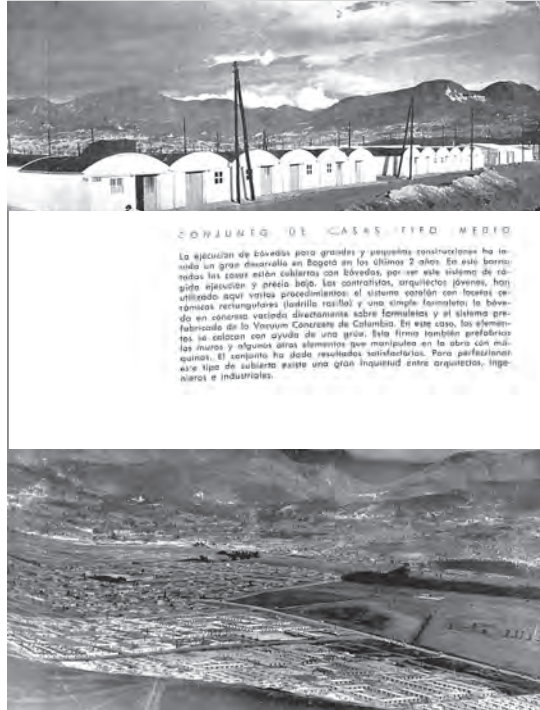
Las patentes de Vacuum Concrete

Colombia fue pionera en la construcción de cáscaras ligeras de hormigón, y muy especialmente de hormigón al vacío, un sistema patentado en los años cuarenta del siglo XX. El arquitecto Álvaro Ortega, que había conocido el hormigón al vacío como alumno de Gropius, en Harvard, se hizo con la concesión de la patente de K. P. Billner (originalmente registrada en Estados Unidos, en 1948) a principios de la década de los cincuenta. El sistema estaba diseñado para construir todo

8. Maniaque, *Le Corbusier et les Maisons Jaoul*.

9. Gulli, "La huella de la construcción tabicada", 81 y 82.

10. Melotto, *Balkrishna Doshi*.



Figuras 4 y 5. Viviendas en el barrio Quiroga. Bogotá, Colombia. Vista actual de una de las viviendas. Fuente: *Revista PROA*, n.º 71 (1953). Fotografía: Juan Manuel Medina.

tipo de superficies con facilidad, pero Ortega lo aplicó especialmente en la construcción de estructuras abovedadas de espesor mínimo, con la intención de ajustar al máximo los costes por dos vías: la industrialización del proceso productivo y la reducción de los materiales de construcción. El *vacuum concrete* permitía optimizar la cantidad de hormigón necesario y, a la vez, eliminar los morteros hidrófugos, ya que el hormigón al vacío se consideraba suficientemente estanco para conformar la cubierta completa del edificio.

Empleando este sistema, Ortega construyó (como arquitecto, pero también como contratista

ta a través de la Vacuum Concrete de Colombia), solo o en colaboración, diferentes edificios industriales: la fábrica de Chicles Clark (Pizano, 1953), la fábrica de Lanás Colombia (Ortega, 1955) o la fábrica de bloques del propio Ortega (1955). Antes, por supuesto, había ensayado el hormigón al vacío, a menor escala, en edificios de vivienda, como la conocida Casa Bermúdez-Samper (Bermúdez, 1953) o las primeras casas del barrio Quiroga (Ortega, 1952).

El barrio Quiroga

La construcción del barrio Quiroga, en Bogotá, Colombia, implicó a casi todos los protagonistas de la construcción abovedada colombiana. Basado en la planificación urbanística de Sert, en la que Pizano colaboró, los trabajos se iniciaron en 1951, siendo Jorge Gaitán aún miembro de la gerencia del Instituto de Crédito Territorial, y se construyó, en su mayor parte, con los sistemas de hormigón al vacío de Ortega. Una de las zonas en las que se planificó el barrio, las casas Urdaneta Arbeláez también ubicadas en Bogotá, Colombia, (García y Moreno, 1953) fue descrita por sus autores detallando los sistemas disponibles para resolver problemas similares: “los contratistas, arquitectos jóvenes, han utilizado aquí varios procedimientos: el sistema catalán con losetas cerámicas rectangulares [...]; la bóveda en concreto [...] y el sistema prefabricado de la Vacuum Concrete en Colombia”.¹¹

Las cáscaras de hormigón prefabricadas al vacío precisaban relativamente poca maquinaria para su construcción *in situ*: “En la práctica, los elementos necesarios son: una bomba de vacío, un tanque de sedimentación y las tuberías que transmiten el vacío a las ventosas”.¹² También requerían poco acero: tan solo un armado bidireccional simple, pensado casi exclusivamente para el funcionamiento de la cáscara a tracción durante el montaje. Se consideraba que la lámina funcionaría a compresión una vez instalada: “al reducir la relación agua-cemento, es lógico que se produzca un aumento en la resistencia a compresión. Este aumento [...] alcanza, a los 28

11. *Revista PROA*, n.º 71.

12. Ortega, *Álvaro Ortega*, 26.

días [...] un valor de 30% que se mantiene después constante”.¹³ La capacidad impermeabilizante del hormigón al vacío también se estudió: “De los numerosos ensayos realizados a presión hidráulica [...] se deduce un aumento de la impermeabilidad del 500%”.¹⁴

Pizano describió el proceso de montaje en otro edificio, la fábrica de Chicles Clark, ubicada en Bogotá y construida en 1953:

Todas las paredes se tendían en el suelo, una encima de otra y después con un sistema de ventosa y una grúa las izaban hasta su sitio armándolas como un lego. Ese era el proceso que trajeron a Colombia Ortega y Solano, además de ingenioso, muy económico, ya que reducía el número de formaletas, vaciando todas las partes en el suelo, una encima de otra como una baraja de naipes y se instalaban a gran velocidad.¹⁵

El sistema conllevaba serios problemas. Pizano afirmaba que “lamentablemente, por la misma virtud del material, y desde luego por economía, las paredes eran muy delgadas y los problemas de junta nunca se resolvieron satisfactoriamente”. También el proceso resultaba

[...] angustioso [...] porque esas bóvedas, que podían tener seis por tres metros, se levantaban con una chupa a compresión que le sacaba todo el aire. Esa ventosa era un poco primitiva, [...] presentaba escapes y cuando iba una altura de cinco a seis metros [...] le entraba el aire y hasta que no se dejaba la pieza en su sitio uno no descansaba. Esta fue una gran experiencia [...] lástima que el proceso no se perfeccionó, ya que hubiera permitido hacer cosas con precios interesantes.¹⁶

Trama y estructura

La modulación de las viviendas del Quiroga respondió, como es lógico, a condicionantes de tipología de vivienda y superficie construida; pero también a una reflexión profunda sobre las posibilidades de la combinatoria aplicada a la geometría arquitectónica, que se adelantó a los

planteamientos urbanísticos de los años siguientes. Como puede observarse en la planta urbana del Urdaneta Arbeláez, las bóvedas de Ortega se dispusieron de forma lineal en muchas zonas de las parcelas, contrarrestándose unas a otras; pero, en muchas esquinas, sin embargo, la posición de las bóvedas finales se alteró, rotándose 90 grados para que el empuje fuera soportado no por tirantes o tensores, sino por muros y bóvedas dispuestas perpendicularmente al empuje; esto es, convirtiéndolos en contrafuertes ocultos en la estructura muraria.

Esta estrategia es, en el fondo, similar a otras que pueden encontrarse en bóvedas en muchas naves del gótico. Su primera intención, tal vez, fuera meramente estructural; pero su vínculo con la tendencia a la permutación de módulos, propia de la arquitectura de los años sesenta, es evidente, como también lo son sus repercusiones tanto en la economía de construcción como en la trama urbana. Con la planta se aprecia, por ejemplo, cómo se rotaron algunas unidades para distribuir los conjuntos en forma de U o S, permitiendo así el mencionado ahorro en las estructuras portantes, y generando además subdivisiones urbanísticas más orgánicas y diferenciadas, propias de un urbanismo que aún estaba por llegar.

Como lamentaba Pizano, el sistema de la *vacuum concrete* “no se perfeccionó”. Sin embargo, otros sistemas de prefabricación abovedada en toda Iberoamérica heredaron el espíritu de innovación técnica y la voluntad de emplear combinaciones geométricas asociadas al comportamiento de las estructuras abovedadas, como el Conjunto Habitacional José Clemente Orozco (1957), que Teodoro González de León construyó en Guadalajara, Jalisco; la casa Carrieri (Carrieri, Rariz y Horodniceanu, San Juan, Argentina, 1961); los sistemas propuestos y patentados por Carlos González Lobo, tal como el GGL, o el caso de hibridación entre los ya descritos y el sistema de la *vacuum concrete* empleado por Mario Kalemkerian en diferentes edificios, como el Arsenal de la Armada Nacional en Montevideo.

13. *Ibid.*, 26.

14. *Ibid.*, 28.

15. Gutiérrez, “Conversación con Francisco Pizano”, s. p.

16. Rodríguez, “Memorias de los años 50”, s. p.



Figura 6. Planta urbana del barrio Urdaneta Arbeláez. Destacadas, algunos conjuntos en S y en U. Arquitectos: Enrique García M. y Arturo Moreno. Fuente: *Revista PROA*, n.º 71 (1953).

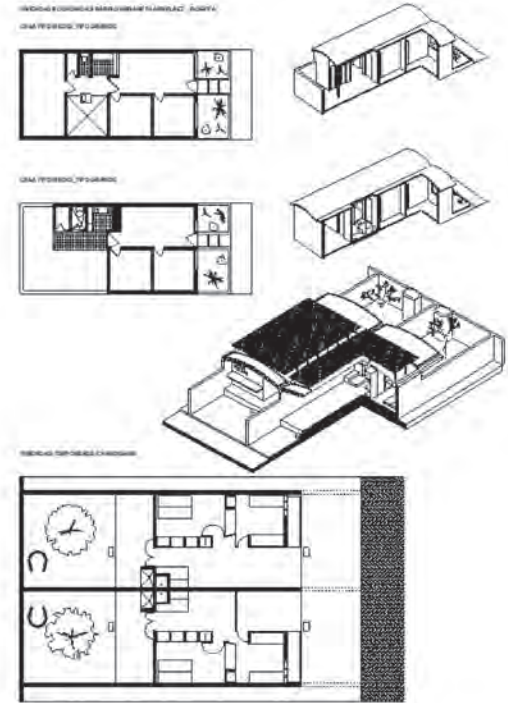



Figura 7. Planta y secciones de las viviendas del barrio Urdaneta Arbeláez y de las viviendas de temporeros de Chandigarh. Dibujos: Juan Antonio Rodríguez.

Conclusiones

Los edificios mencionados son tan solo ejemplos de una tendencia a la innovación en la construcción abovedada que se puso en práctica en toda Iberoamérica en las décadas centrales del siglo XX y pretenden ser, en muchos de los puntos, el inicio de futuras líneas de investigación que profundicen de manera más precisa. Del análisis realizado puede deducirse que los edificios construidos en Colombia, en los años cincuenta, fueron sumamente influyentes en los sistemas desarrollados con posterioridad en otras zonas y que la interacción de sistemas que allí se produjo alentó la creatividad que caracterizó la construcción abovedada en Iberoamérica en las décadas siguientes.

También puede deducirse que los sistemas citados se emplearon en Colombia de forma tentativa, no evolutiva. Es decir: al contrario que en otras zonas cercanas (como el norte de Argentina, donde la bóveda tabicada se transformó paulatinamente hasta adoptar la cerámica armada¹⁷), no se dio en Colombia una evolución continuada,

sino diferentes intentos de entender, mediante prueba y error, las posibilidades y limitaciones de los diferentes sistemas disponibles.

Por lo que se refiere a modulación y agregación, los edificios colombianos estuvieron entre los más avanzados de su época. Las casas en cadena de M. Ridolfi datan de 1948, y no mucho más tardío es el proyecto que M. Fisac presenta al concurso de colegios de arquitectura para resolver el problema de la vivienda económica en el que propone "la edificación en línea articulada de estas casas en cadena desde una estructura sustentante de muros de carga, capaz de modificar su composición según el número de componentes de la familia". En el texto citado al principio, el profesor Sambricio afirmaba que "el debate se centraría [en lo sucesivo] en cómo aplicar la industrialización ligera a una arquitectura definida desde un nuevo programa de necesidades".¹⁸ A este debate se adelantaron edificios colombianos como los construidos en el barrio Quiroga, en los que se emplearon avanzados criterios de modularidad que satisfacían con ingenio las exigencias estructurales de la construcción abovedada. 

17. García *et al.* "Arquitectura y construcción tabicada".

18. Sambricio, "Cuando la vanguardia arquitectónica fue construcción", 31.

Bibliografía

1. Adrià, Miquel *et al.* *Teodoro González de León: Obra reunida*. Ciudad de México: Arquine, 2016.
2. Boesiger, Willy y Hans Girsberger. *Le Corbusier 1910-1965*. Basilea: Birkhäuser, 1995.
3. García, Julián *et al.* "Arquitectura y construcción tabicada en torno a Eduardo Sacriste". *Informes de la Construcción* 64, n.º 525 (2012): 35-50. <https://doi.org/10.3989/ic.09.065>
4. García, Julián, Magdalena Fernando, Juan Manuel Medina del Río. "La Casa Pizano y la bóveda ligera en Colombia: El origen de la tradición moderna". *Rita: Revista Indexada de Textos Académicos*, n.º 9 (2018): 152-159. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6447326>
5. González, Humberto. "Carlos González Lobo: Caminos hacia lo alternativo dentro del ámbito conceptual, proyectual y contextual de la arquitectura". Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Barcelona, España, 2001.
6. Gulli, Riccardo. "La huella de la construcción tabicada en la arquitectura de Le Corbusier". En *Las bóvedas de Guastavino en América*, 87-112. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 1999.
7. Gutiérrez, R. "Conversación con Francisco Pizano". En *Colección conversaciones de Arquitectura Colombiana*, 97-119. Bogotá: Ediciones Uniandes, 2002.
8. Kalemkerian, Mario. "Nuevas instalaciones para el Arsenal de la Armada". *Informes de la Construcción* n.º 284 (1976): 89-95. <https://doi.org/10.3989/ic.1976.v29.i284.2726>
9. Leoz, Rafael. *Redes y ritmos espaciales*. Madrid: Blume, 1969.
10. Maniaque, C. *Le Corbusier et les Maisons Jaoul*. Nueva York: Princeton Architectural Press, 2009.
11. Melotto, Bruno, ed. *Balkrishna Doshi: The Masters in India. Le Corbusier, Louis Kahn and the Indian Context*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore, 2014.
12. Moya, Luis. *Bóvedas tabicadas*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1993.
14. Ortega, Álvaro. *Álvaro Ortega: Prearquitectura del bienestar*. Bogotá: Escala, 1989.
15. *Revista PROA*, n.º 71 (1953). Bogotá, Colombia.
16. Rodríguez, Juan Luis. "Memorias de los años 50: Conversación con Francisco Pizano". *Dearq*, n.º 3 (2008): 16-29. <https://doi.org/10.18389/dearq3.2008.02>
17. Sacriste, Eduardo *et al.* *Casas con bóvedas*. Buenos Aires: Espacio, 1977.
18. Sambricio, Carlos. "Cuando la vanguardia arquitectónica fue construcción". En *Rafael Leoz: Arquitecto de la Embajada de España en Brasil*. Brasilia: Embajada de España en Brasil, 2012. <http://oa.upm.es/45829/>