

El uso de la técnica del hormigón al vacío en los comienzos de la construcción industrializada en Colombia (1950-1955)

The use of the vacuum concrete technique at the beginning of industrialized construction in Colombia (1950-1955)

Jorge Galindo-Díaz (*), Olavo Escorcia-Oyola (**), Rafael Sumozas (***)

RESUMEN

En 1950, el arquitecto colombiano Álvaro Ortega, obtuvo la franquicia de la empresa Vacuum Concrete en Colombia con el fin de construir elementos prefabricados en su país y atender así la fuerte demanda de vivienda social, dando los primeros pasos hacia la industrialización de construcción en Colombia. Este artículo describe algunos de los proyectos más importantes en los que Ortega aplicó la técnica del hormigón al vacío, especialmente en la construcción de muros prefabricados y cubiertas de láminas delgadas de hormigón, utilizando maquinaria de elevación y posicionamiento. Las características operativas de este proceso, así como las dificultades técnicas y sociales que llevaron a la quiebra empresarial de Ortega al cabo de pocos años, se explican mediante el uso de fotografías de los sitios de construcción, con base en los registros del Centro Interamericano de la Vivienda, depositados en el Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia.

Palabras clave: prefabricación; coordinación modular; hormigón al vacío; industrialización de la construcción.

ABSTRACT

In 1950, the Colombian architect Álvaro Ortega, obtained the franchise for the company Vacuum Concrete in Colombia in order to build precast elements in the country to meet the strong national demand for low-income housing, taking the first steps towards the industrialization of construction in Colombia. The article describes some of the most important projects in which Álvaro Ortega applied vacuum concrete, especially for the construction of precast walls and covers of thin concrete sheets, using machinery for lifting and positioning. The operational characteristics of this process, as well as the technical and social difficulties that led to Ortega's business bankruptcy after a few years, are explained through the use of photographs from the construction sites, based on the records from the Inter-American Housing and Planning Center Archive of the National University of Colombia.

Key words: prefabrication; modular coordination; vacuum concrete; industrialization of construction.

(*) Arquitecto. PhD. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Manizales (Colombia).

(**) Arquitecto. PhD. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

(***) Historiador del Arte. Universidad de Castilla La Mancha, Ciudad Real (España).

Persona de contacto/Corresponding author: jagalindod@unal.edu.co (J. Galindo-Díaz)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8407-8347> (J. Galindo); <https://orcid.org/0000-0002-2461-3456> (O. Escorcia-Oyola); <https://orcid.org/0000-0002-7939-3788> (R. Sumozas)

Cómo citar este artículo/Citation: Jorge Galindo-Díaz, Olavo Escorcia-Oyola, Rafael Sumozas (2022). El uso de la técnica del hormigón al vacío en los comienzos de la construcción industrializada en Colombia (1950-1955). *Informes de la Construcción*, 74(567): e458. <https://doi.org/10.3989/ic.91691>

Copyright: © 2022 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 18/10/2021
Aceptado/Accepted: 27/01/2022
Publicado on-line/Published on-line: 16/09/2022

1. INTRODUCCIÓN

En 1937, el ingeniero sueco Karl Pauli Billner asombró a los profesionales de la construcción en Estados Unidos al fabricar una placa portátil de metal con respaldo de madera contrachapada y una arandela de goma alrededor del borde, la cual se conectaba mediante una manguera a una bomba de vacío. Después de poner esta placa durante diez minutos sobre un pavimento de concreto recién vaciado, hizo que un hombre de 200 libras de peso caminara sobre él sin que sus huellas se marcaran sobre la superficie (1). El método, bautizado con el nombre de «hormigón al vacío» había sido patentado (2) por Billner un año antes junto a los dispositivos que permitían su realización.

El principio de esta técnica consistía en extraer el exceso de agua y aire contenido en la masa de hormigón recién vertido mediante la aplicación de una ventosa en su superficie, de tal manera que era la propia presión atmosférica la encargada de comprimir el hormigón antes de su fraguado. El proceso tenía como ventaja la producción de un material endurecido, resistente al desgaste, compacto, de mayor resistencia mecánica que los hormigones convencionales y que se caracterizaba, especialmente, por su reducido tiempo de fraguado. Otra ventaja, desde el punto de vista operativo, era que el método no demandaba de equipos altamente especializados: una bomba de vacío (que podía ser de entre 5 y 10 HP), un recipiente separador de agua, un filtro (que impedía la eliminación del cemento con el agua) y un tablero de soporte sobre el cual se asentaba la pieza de hormigón.

A este sistema Billner sumó otras patentes relacionadas con mecanismos de enganche y transporte de las piezas de hormigón con el fin de facilitar su desplazamiento desde el sitio de producción hasta su posición final dentro de la edificación. Entre ellas se destacó el llamado «elevador de vacío», por medio del cual un polipasto se conectaba mediante un gancho a una viga de sujeción, que a su vez estaba unida a una ventosa conectada a una bomba de vacío (3). La ventosa se adhería a los elementos prefabricados (muros, losas o membranas) para levantarlos, gracias a la acción de una grúa de la cual colgaba el polipasto.

Las primeras aplicaciones prácticas de este sistema se hicieron en Estados Unidos, en la construcción de vías y algunas viviendas; sin embargo, con el fin de impulsar la comercialización de su invento y aprovechar las ventajas que ofrecía la rapidez del proceso de ejecución, en agosto de 1937 Billner hizo una demostración del método ante altos oficiales del ejército y la marina de su país, abogando por su uso en la construcción rápida de fortalezas, refugios a prueba de bombas y nidos de ametralladoras, en un momento en que se advertía el inicio de una nueva guerra.

Para la demostración, Billner construyó un fortín de 50 toneladas en hormigón armado y de sección parabólica que logró estar listo para su funcionamiento solo cuatro horas después de haberse vertido el hormigón sobre moldes de madera (4) (Fig. 1). El sistema fue rápidamente acogido por el ejército de los Estados Unidos y empleado en la construcción de instalaciones militares y civiles durante la Segunda Guerra Mundial, e incluso, entre 1941 y 1943, el hormigón al vacío contribuyó a la veloz construcción del Pentagon Building, en Arlington, Virginia.

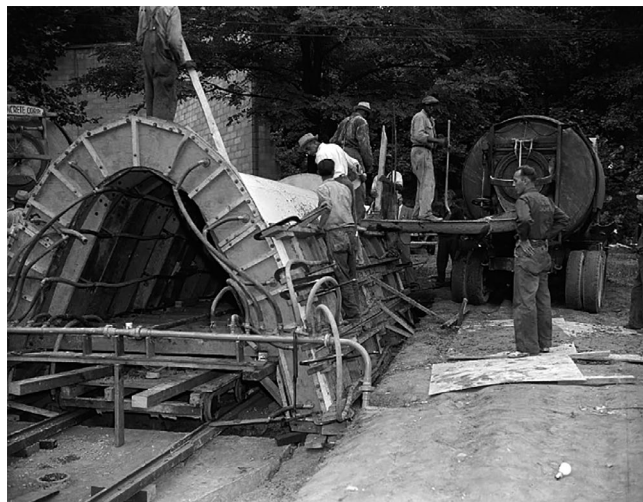


Figura 1. Construcción de fortín mediante la técnica de hormigón al vacío para la exhibición llevada a cabo el 25 de agosto de 1937. (Fuente: Library of Congress Online Catalog: 1,123,660).

De manera simultánea, Billner exploraba la aplicación del sistema en otro tipo de estructuras; fue así como a través de su empresa Vacuum Concrete Inc., domiciliada en Philadelphia, construyó en 1943 un conjunto de casas en Tampa (Florida, Estados Unidos), y al término de la guerra, sus procedimientos despertaron el interés de quienes diseñaban viviendas de bajo costo en varios lugares del mundo, en buena medida gracias a la publicación de un folleto que describía e ilustraba el invento y sus aplicaciones, al que se sumó, con el paso de los años, un conjunto de artículos orientados a explicar los principios de la técnica (5) (6) (7) (8).

Gracias a sus estrategias de difusión, Billner entró en contacto con diversos profesionales, entre los que se cuenta al arquitecto Louis I. Kahn en 1949, quien para entonces trabajaba con la Housing Survey Committee de Israel en un proyecto de varios miles de unidades de vivienda, algunas de ellas cubiertas con bóvedas de hormigón armado de sección parabólica y fragmentadas en módulos, cuya construcción se concibió a partir de la técnica del hormigón al vacío (9). De la misma manera, Billner contactó a promotores, arquitectos e ingenieros de Egipto, URSS, Francia, Bélgica y México, ofreciendo la franquicia de su empresa con el fin de llevar a sus países las ventajas del sistema (10). En España, por ejemplo, la firma VACO S.A. se anunciaba en 1955 como concesionaria exclusiva para España y Portugal de la patente de Billner, asumiendo la construcción de estructuras de hormigón para edificios industriales, tuberías para alcantarillados y depósitos de agua, entre otras cosas. Entre las ventajas del sistema hacía mención de mayor resistencia, desencofrado inmediato y aumento del ritmo de fabricación.

2. LA FRANQUICIA DE VACUUM CONCRETE EN COLOMBIA

En 1950, el arquitecto colombiano Álvaro Ortega decidió aplicar en su país las técnicas del hormigón al vacío (11). Éste se había formado profesionalmente en la Escuela Especial de Arquitectura de París entre 1938 y 1939, aunque terminó sus estudios en la Universidad de McGill, en Montreal. Al obtener su título en 1944 hizo cursos de posgrado en Harvard (gracias a una beca Wheelwright) bajo la tutoría de Walter

Gropius, donde además pudo compartir experiencias personales y profesionales con Marcel Breuer y Eduardo Catalano. A su regreso a Colombia, en 1946, Ortega se vinculó al Ministerio de Obras Públicas y ejerció la docencia en la Universidad de los Andes (1949-51), orientando sus intereses hacia el desarrollo de soluciones constructivas a partir de sistemas prefabricados ajustados a los principios de la coordinación modular, con el fin de contribuir en la solución de la falta de vivienda para las personas más pobres de su país.

En uno de sus primeros artículos aparecidos en la revista colombiana *Proa*, Ortega se declaraba un defensor de la prefabricación y manifestaba claramente:

La responsabilidad de la arquitectura se hace cada vez mayor. Ya no se trata de resolver los problemas aislados de una minoría. Los problemas de la comunidad están ligados directamente a todos y cada uno de los individuos. El bienestar individual no se puede lograr independientemente del bienestar colectivo [...]

La arquitectura contemporánea haciendo uso de estandarización, prefabricación y racionalización contribuye a la solución del problema.

El deseo elemental de resolver eficazmente los problemas de la comunidad conduce, progresivamente, a un empleo mayor de la máquina, a una distribución más eficaz de la obra de mano y a una reevaluación de los métodos constructivos (12).

Aunque no se cuenta con información acerca de la manera en que Ortega conoció los trabajos de Billner, fue la motivación expresada en sus escritos la que llevó al primero a obtener la franquicia de la firma Vacuum Concrete Corporation of Philadelphia, a la que llamó Vacuum Concrete de Colombia. Su estrategia comercial se concentró en dar a conocer las bondades del hormigón al vacío entre arquitectos, ingenieros y público en general, tal como lo anunciaba en avisos publicados en revistas y diarios locales (Fig. 2):

Aumento de resistencia – Economía – Eliminación de formaletas y puntillas – Alambre – Rapidez en la construcción – Todo concreto procesado con vacío puede ser usado a las 24 h de fundido – Aumento de resistencia contra el tiempo – Máxima compacidad e impermeabilidad (13).

Para entonces, en Colombia, el uso de elementos prefabricados de hormigón era aún incipiente y se concentraba en la elaboración de bloques para muros, así como casetones y vigas para losas de entrepiso, muy a pesar de que estimaciones del Gobierno fijaban un déficit de 350 mil viviendas, tanto urbanas como rurales, para el período 1950-55 (14). Los avances más significativos en este campo se habían producido al interior de firmas como Prefabricados Moggio y Cuéllar, Serrano & Gómez, que en 1950 creó su filial Prefabricaciones Ltda., dedicada casi exclusivamente a la elaboración de las piezas con las que se construía su sistema de entresijos llamado Reticular Celulado – Ret-Cel (15). También tuvo relevancia en el mercado nacional la firma Ingecon S.A., fundada en 1937 por el ingeniero español Enrique García-Reyes Seoane, que en sus primeros años de servicio contó con la participación de compatriotas suyos exiliados en Colombia entre los que se encontraban Ricardo Ribas Seba y Alfredo Rodríguez Orgaz (16).

Sin embargo, dada la baja cobertura en el mercado nacional de estas empresas, la construcción de edificios se desarro-

llaba en su gran mayoría siguiendo técnicas tradicionales de carácter artesanal, estimuladas en buena medida por el bajo costo de la mano de obra y la escasa inversión de dinero en máquinas y equipos por parte de los promotores.



VACUUM CONCRETE DE COLOMBIA

Concesionaria de las Patentes "Billner Vacuum Concrete", ofrece a los Señores Arquitectos, Ingenieros, Contratistas e Industriales los Equipos necesarios para la aplicación del vacío, como elemento nuevo en todo tipo de construcción.

USOS:

- Construcción de Casas en Serie.
- Edificios.
- Pavimentación en Concreto.
- Andenes.
- Aeropuertos.
- Reparos.
- Canales.
- Pre-fabricación en Concreto.

VENTAJAS:

- Economía de Cemento con Mayor Resistencia.
- Reducción del Costo de la Formaleta en 90 por 100.
- Facilita Cualquier Tipo de Acabado en la Superficie.
- Máxima Compacidad e Impermeabilidad.

Muro de Concreto, Pre-vaciado en el suelo y levantado 24 horas después de fundido, empleando los procedimientos del concreto al vacío. Nótese la superficie del muro listo para recibir pintura.

Visítenos o escribanos para mayores datos. Gustosos le enviaremos el folleto explicativo de nuestros procedimientos.

VACUUM CONCRETE DE COLOMBIA

Avenida Jiménez de Quesada, número 7-25, piso 11. Bogotá.
TELEFONOS: 15-877 Y 25-504.

Figura 2. Anuncio de la Vacuum Concrete de Colombia, Bogotá, 1950. (Fuente: diario *El Tiempo*, Bogotá, 14 Feb., 1950, p.6).

3. VIVIENDAS EN EL BARRIO MUZÚ, BOGOTÁ (1951)

Si bien la primera aplicación que tuvo en Colombia la técnica del hormigón al vacío fue en la elaboración de pavimentos en concreto para las vías del barrio Teusaquillo, en Bogotá, en julio de 1951, el primer proyecto relacionado con edificaciones tuvo lugar al término de ese mismo año durante la construcción de un conjunto de tan solo 8 viviendas en el barrio Muzú, bajo la dirección de Ortega en sociedad con el arquitecto Gabriel Solano y el ingeniero Guillermo González Zuleta; desde Philadelphia, el técnico estadounidense Teodoro Row acompañó el proceso de construcción. Una empresa local, Instar Ltda., contribuyó a los procesos de ejecución.

El barrio Muzú era un ambicioso proyecto impulsado desde 1949 por el Instituto de Crédito Territorial, una institución pública creada 10 años antes con el fin de promover la construcción de viviendas para familias de bajos ingresos. El barrio fue diseñado por los arquitectos J. Gaitán, E. García y J. Angulo como una gran zona verde en la cual se situaban filas de ocho casas formando hileras; algunas de ellas se agrupaban para formar manzanas de 16 viviendas, de tal manera que en varios sus costados laterales y posteriores limitaban con áreas libres. Tanto el diseño urbanístico como el arquitectónico permitían que las casas se construyeran a partir de un sistema en serie gracias a que cada una de ellas estaba conformada por dos muros medianeros y paralelos

separados entre sí 4,5 m, con una subdivisión transversal en dos secciones, separadas también por un muro portante.

El proceso constructivo de las viviendas estaba organizado en cuatro etapas (a lo largo de 60 días), precedidas de la colocación directa sobre el suelo de 10 dados de hormigón prefabricados, debidamente nivelados, que servirían de apoyo a los muros. En el extremo superior de cada uno de estos dados sobresalían 4 ángulos en acero que formaban una cruz y sobre los que se posicionaban los muros prefabricados 24 horas después. Simultáneamente y sobre el suelo, se fundieron muros de 7,5 cm de espesor, haciendo uso de la técnica de hormigón al vacío, aplicando en su cara superficial las ventosas de succión para acelerar el proceso de fraguado (Fig. 3).

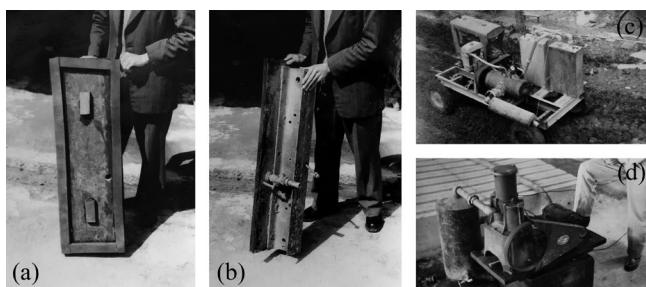


Figura 3. (a) Ventosa de succión para producir vacío sobre el hormigón, fabricada artesanalmente en Bogotá en 1950; (b) viga de soporte del elevador de vacío (c) y (d) bombas de vacío eléctrica y a gasolina, respectivamente. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 175).

En los muros prefabricados se dejaban incrustadas las tuberías para las redes hidráulicas y eléctricas, evitando tener que hacer perforaciones posteriores (Fig. 4). Haciendo uso también del elevador de vacío, los muros (de 3,1 m de ancho, 2,6 m de alto y 1,6 toneladas de peso) eran izados mediante una grúa y posicionados sobre las guías dispuestas en los extremos de los dados de hormigón. La conexión entre ambos elementos se rellenaba con una mezcla a base de cemento, buscando una unión monolítica; durante su fraguado se empleaban parales de madera dispuestos en forma de «U» invertida para mantenerlos en posición vertical.



Figura 4. (a) Construcción de muros prefabricados a nivel de piso mediante la técnica del hormigón al vacío; (b) Elevador de vacío empleado en Bogotá, 1950. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 175).

De manera similar, es decir, sobre el piso y mediante la técnica del hormigón al vacío, se fundieron las losas de entrepiso de 16 m² de superficie, con un espesor de 11 cm y un peso de 2,5 toneladas. En 1943, Karl Billner, a través de su empresa Vacuum Concrete Inc., había construido de idéntica manera

un conjunto de casas en Tampa (Florida): losas pretensadas de concreto de 2 1/2" de espesor fundidas sobre el suelo. En el caso colombiano, de nuevo con ayuda del elevador de vacío, las losas se levantaron hasta apoyarse sobre los muros del primer piso. El proceso se repetía con los muros del segundo piso, pero en este caso, cargando el peso de una losa inclinada de cubierta fundida también sobre el suelo, de 10 cm de espesor y elaborada con «Solomite», una lámina prensada de fibras naturales empleada en la construcción de tabiques, comercializada en Francia a partir de 1923 y que actuaba como aislante térmico (Fig. 5).

El proceso constructivo fue considerado paradigmático. El más importante diario local, *El Tiempo*, comparaba las viviendas de Muzú con las que se habían construido en Nueva York para los empleados de las Naciones Unidas, elogiando el ahorro en el gasto de los encofrados y la rapidez en la ejecución (17). Pero sin duda lo más destacable es que el promotor del proyecto, el Instituto de Crédito Territorial, decidió no solo continuar aplicando las técnicas del hormigón al vacío en nuevos y más ambiciosos proyectos de vivienda obrera, sino también impulsar la investigación y experimentación en el uso de elementos prefabricados.

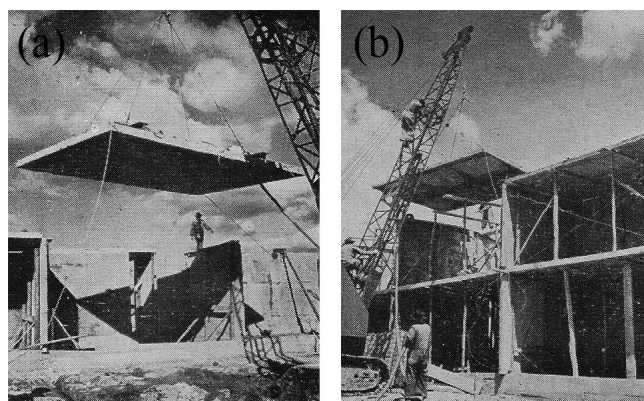


Figura 5. (a) Posicionamiento de la placa de entrepiso y (b) de la cubierta, en el barrio Muzú, Bogotá, 1950. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 175).

4. VIVIENDAS EN EL BARRIO QUIROGA, BOGOTÁ (1953)

En 1951 el Instituto de Crédito Territorial asumió la promoción de otro proyecto de gran escala en el sur de Bogotá: el barrio Quiroga (también llamado Urbaneta Arbeláez), que en un plazo de tres años pretendía completar un poco más de 4 mil soluciones de vivienda. Los diseños habían sido perfeccionados por la Oficina del Plano Regulador de Bogotá, a partir de un esquema inicial elaborado por los arquitectos P. Wiener y J.L. Sert. En agosto de ese año se adjudicaron los contratos para la construcción de 498 casas, de las cuales 102 quedaron a cargo de la sociedad conformada por los arquitectos Álvaro Ortega y Gabriel Solano en compañía del ingeniero González Zuleta.

Si bien se contemplaban también aquí diferentes tipologías de vivienda, a la firma de Ortega le correspondieron las identificadas como «Planta de casa tipo medio», de una sola planta, cada una de las cuales alcanzaba los 52,8 m² construidos sobre un predio 84,5 m² y que se caracterizaba por disponer como sistema de cubierta un par de bóvedas rebaja-

das situadas sobre las alcobas y el área social, además de una placa maciza sobre la zona de servicios. Las bóvedas podían ubicarse en sentido longitudinal o transversal y cada firma constructora estaba en libertad de construirlas conforme al sistema que más le resultara conveniente, tal como podía ocurrir también con los muros de fachada o los de cierre de los espacios interiores.

De nuevo Álvaro Ortega, con el beneplácito de las directivas del Instituto de Crédito Territorial, optó por un camino experimental: en las viviendas a su cargo aplicó la técnica del hormigón al vacío para la construcción de los muros, la placa maciza y las membranas de perfil circular rebajado (de 7 m de longitud, con radio de 3,5 m, flecha de 40 cm y espesor de 4 cm), reforzados todos con mallas bidireccionales de acero. En algunas de las zonas correspondientes a los antepechos y tímpanos, se emplearon como solución alternativa cerramientos en ladrillo a cara vista. Las piezas de hormigón se fabricaban sobre el suelo, unas sobre otras, separadas con hojas de papel encerado y una vez fraguadas, se levantaban con ayuda de una ventosa fijada al elevador de vacío hasta su posicionado final, para después vaciar una lechada de concreto en las juntas y puntos de conexión (Fig. 6).

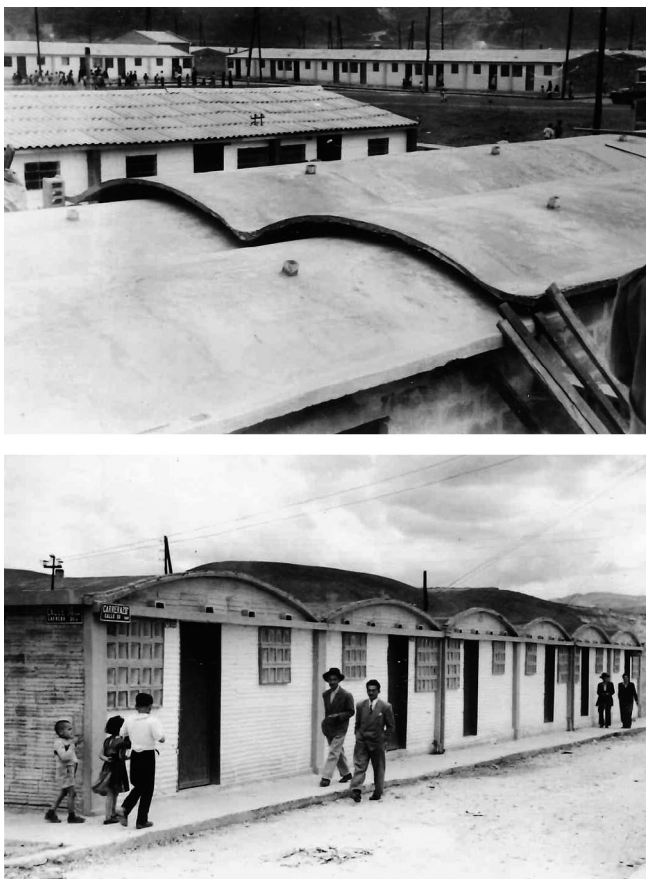


Figura 6. Barrio Quiroga, Bogotá, 1951. Arriba: membranas de cubierta en su posición final. Abajo: vista general de las viviendas. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 33).

Cada membrana de cubierta estaba reforzada con malla de alambre de 3/16" de diámetro, dispuesta en doble sentido con separaciones de 10 cm y 20 cm en cada sentido. La primera se construía independientemente a nivel del suelo apo-

yándose sobre un encofrado de madera bastante simple y las restantes se fundían encima, una sobre otra, usando capas de papel como separador. Para simplificar aún más el proceso, que lograba un rendimiento de ocho membranas diarias, los radios interior y exterior eran iguales. Mediante la técnica del hormigón al vacío se reducían los tiempos de fraguado de tal manera que, al cabo de 7 días, cada membrana se podía izar haciendo uso de elevador de vacío para ser descargada sobre los muros portantes de la vivienda. El rendimiento de colocación también era alto: 20 paneles diarios se ubicaban en su posición final con la ayuda de un operario para la grúa y cinco ayudantes de a pie (Fig. 7).

Los resultados de este proyecto fueron presentados en el primer congreso sobre estructuras laminares de hormigón llevado a cabo en el Massachusetts Institute of Technology en 1954, a través de una comunicación presentada por el propio Billner junto al ingeniero Charles Zollman, donde se describían con detalle las experiencias adelantadas en Bogotá (18). Se precisaba en esa ponencia que, dado que la construcción se había llevado a cabo sin contar con un conocimiento detallado del comportamiento mecánico de las membranas, Ortega y Billner habían optado por llevar a cabo pruebas experimentales en los predios de la Universidad de Pensilvania, en Filadelfia.

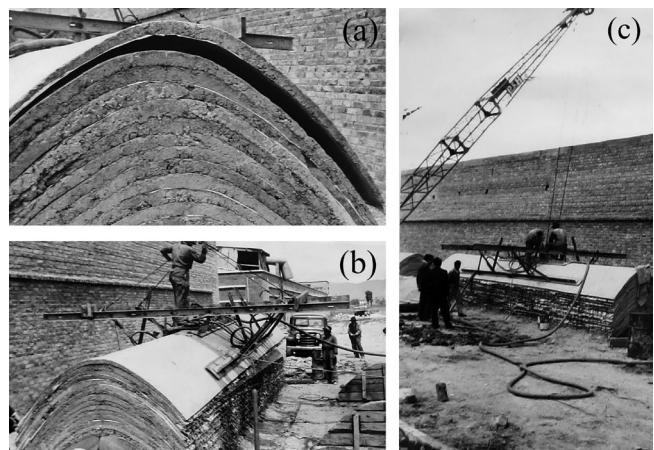


Figura 7. (a) Membranas de hormigón fundidas una sobre la otra y separadas con hojas de papel; (b) fijación de las membranas al elevador de vacío, y (c) izado de las membranas. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 33).

Las membranas usadas en estas pruebas eran de 9 m de largo y 6 m de ancho, con un espesor de 10 cm, que era el doble de las dimensiones de membranas similares con las que se había experimentado antes en los laboratorios de Vacuum Concrete Inc. en Filadelfia; estas últimas habían soportado cargas equivalentes a 100 libras por pie cuadrado sin que revelaran deformaciones por su causa. El primer tipo de membranas se bautizó «Ortega – Billner Roof», y contaban con un refuerzo adicional formado por 10 barras curvas dotadas de ganchos en sus extremos de 3/8" de diámetro dispuestas en función de la dirección de las tensiones (Fig. 8).

Pero al margen de la visión idealizada presentada en el congreso del MIT, en las viviendas del barrio Quiroga, si bien se reducían la cantidad de encofrados al mínimo y los tiempos de ejecución superaban a los de la construcción

tradicional, las conexiones entre los diferentes elementos y las soluciones de los detalles presentaban serios problemas: rasillas dispuestas en los bordes de las membranas para desviar las aguas pluviales necesitaban de un trabajo laborioso en su colocación y se desprendían con facilidad, la curvatura de las membranas no encajaba sobre el perfil de los tímpanos, las formas alternadas de cubiertas planas y curvas generaba áreas de difícil acceso para ser impermeabilizadas, los aleros de las viviendas de borde eran difíciles de construir y la posición de las canales y bajantes no facilitaban su mantenimiento. Experimentar con la construcción no era una tarea fácil, en especial si no siempre se garantizaba una buena calidad en la ejecución de las viviendas, que finalmente pasarían a manos de los adjudicatarios.

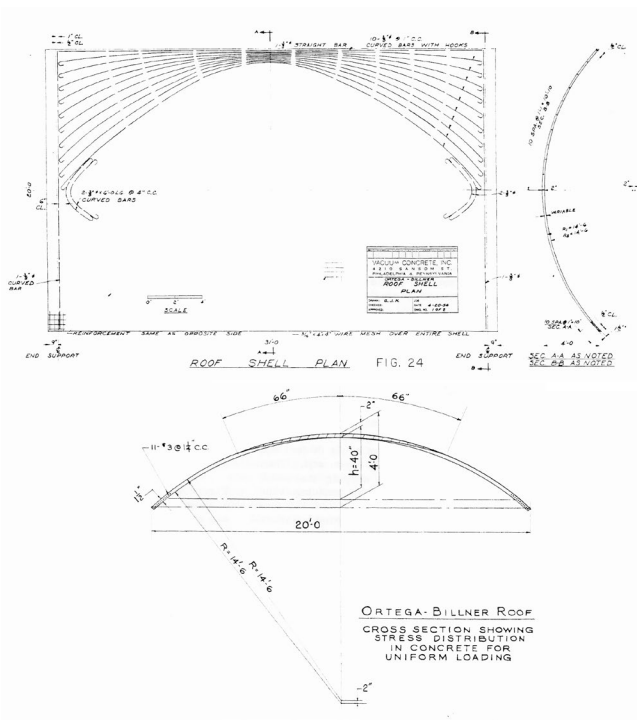


Figura 8. «Ortega – Billner Roof», 1951. (Fuente: (18), p.117).

Muestra de ello fue que poco después de entrar en servicio, el diario *El Tiempo* publicó una dura crítica a las casas construidas por Ortega, recogiendo el testimonio de varios de sus habitantes y concluyendo que:

Como hemos explicado ya, se trata de construcciones adelantadas con fundamentales errores técnicos. Los techos y las paredes fueron hechos en serie y ni sirven para guarecer a los moradores del agua, ni las otras, al parecer, muestran gran consistencia ... Las casas pecan de mal construidas y de reducidas ... La formaleta de cemento que hace de techo quedó mal colocada sobre las paredes y esto permite la entrada de agua. Además, cuando hace sol, por dentro se aprecia un calor de invernadero que súbitamente cambia, con la primera lluvia, para tornarse en un ambiente de nevera ... aquí ni las pulgas se amanían (19).

5. CUBIERTAS PARA NAVES INDUSTRIALES, BOGOTÁ (1953-55)

Probadas con relativo éxito las membranas «Ortega – Billner Roof» como solución de bajo costo en viviendas obre-

ras, Álvaro Ortega, con el respaldo de Karl Billner, se dio a la tarea de incursionar en el campo de las cubiertas para naves industriales, que por entonces en Bogotá eran muy solicitadas dado el crecimiento de la economía nacional. En este ámbito, su proyecto más reconocido fue el de un edificio para la fábrica Clark’s Chewing Gum, en Bogotá, diseñada por el arquitecto Francisco Pizano y en el que la colaboración técnica de Ortega fue crucial para diseñar el sistema de montaje de elementos estructurales prefabricados y de sus membranas de hormigón (20).

Este edificio se inscribía perfectamente en una malla espacial formada por 9 cubos de 6 m de lado cada uno, dispuestos en planta formando una superficie de 18 m x 18 m; cada módulo se construía mediante paneles prefabricados de hormigón de 3 m de lado y 3 m de altura rematados en hastiales curvos y abiertos (para facilitar la iluminación y la ventilación) sobre los cuales se apoyaban membranas también de 3 m x 6 m. El edificio era un paradigma de la coordinación modular pregonada por Ortega y de la construcción mecanizada: las membranas estaban dotadas de claraboyas para iluminación cenital incorporadas en la fase de moldeado y eran izadas mecánicamente para luego apoyarse interiormente tanto en sus muros perimetrales como en columnas prefabricadas con forma de «Y».

Diarios y revistas locales daban cuenta de otros proyectos similares en los que la participación de Álvaro Ortega era importante gracias al uso de membranas de cubierta construidas mediante la técnica del hormigón al vacío: una bodega propiedad del Banco de Bogotá en donde usó paneles de sección parabólica de 9,6 m x 2,4 m y espesor de 5 cm, así como las instalaciones de su propia planta de prefabricados en donde idénticas membranas se apoyaban también sobre columnas prefabricadas en forma de «Y» (Fig. 9) (21).

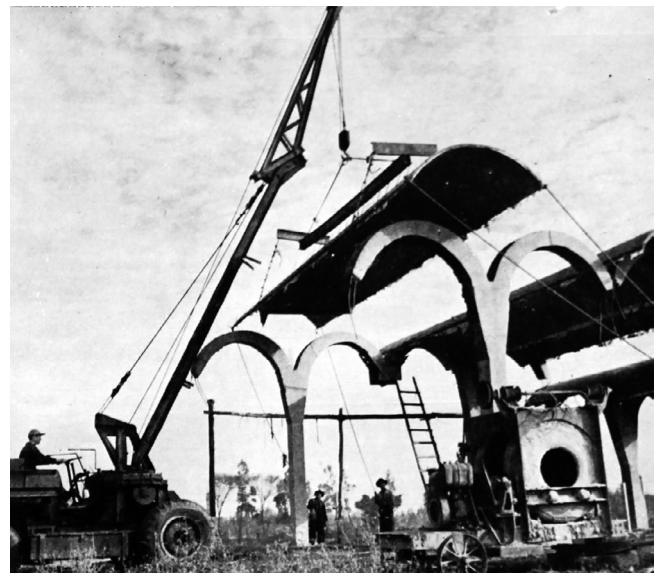


Figura 9. Posicionamiento de membranas mediante grúas en la fábrica de bloques propiedad de Álvaro Ortega, Bogotá, 1953. (Fuente: (20), p.30).

La construcción de otra de esas cubiertas para una nave industrial destinada a la fabricación de jabones, llevada a cabo en Bogotá en 1954, fue seguida con detalle por los

becarios del Centro Interamericano de Vivienda, quienes hicieron un completo registro documental del proceso. Las primeras acciones constructivas se llevaban a cabo siguiendo técnicas tradicionales y consistían en la elaboración de un sistema de cimentación del tipo viga continua en hormigón sobre pilotes de madera hincados en el terreno. Simultáneamente, en el mismo predio, se fundían mediante la técnica del hormigón al vacío los paneles correspondientes a los muros, que luego de adquirir su resistencia eran levantados y posicionados sobre la viga de hormigón. Una pequeña separación entre ellos permitía, con posterioridad, fundir una delgada columna de confinamiento. Cada muro prefabricado estaba rematado con un borde curvo, con el fin de servir de apoyo a las membranas de las cubiertas (Fig. 10).

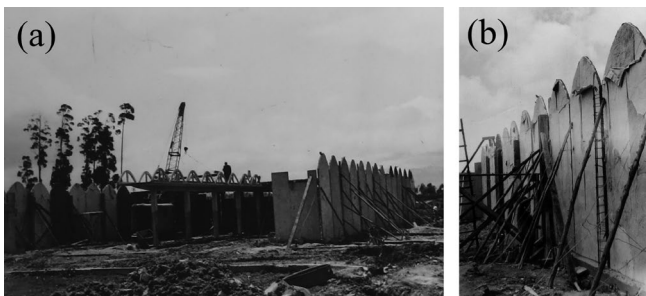


Figura 10. (a) Vista general de la construcción de una fábrica de jabón, Bogotá, 1954; (b) Posicionado de los paneles de los muros construidos mediante la técnica de hormigón al vacío. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 175).

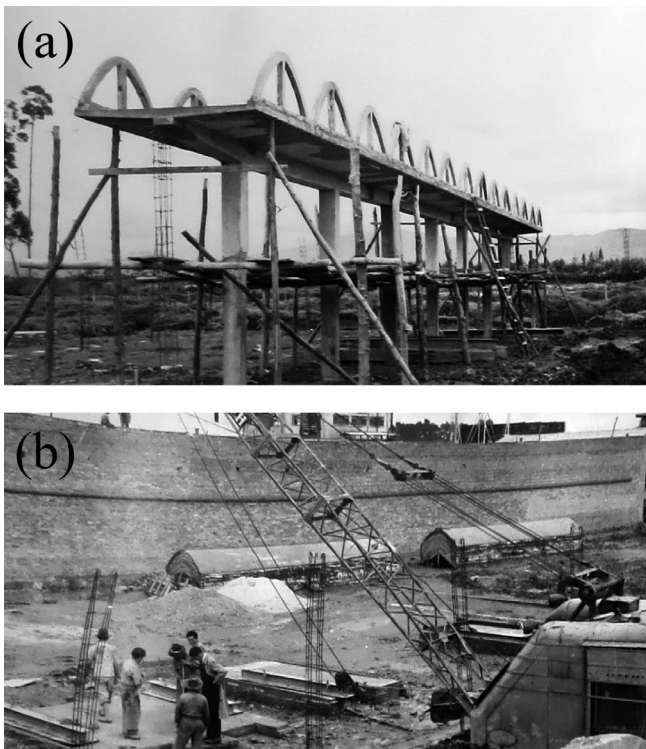


Figura 11. (a) Losa de apoyo de las membranas de hormigón en la fábrica de jabón, Bogotá, 1954; (b) Campo de trabajo destinado a la fundición de los muros y las membranas mediante la técnica de hormigón al vacío. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 175).

De manera independiente se construyó, también haciendo uso de técnicas tradicionales, una losa maciza de hormigón apoyada en columnas. Sobre los lados más largos de la losa se levantaron arcos de hormigón con el mismo perfil curvo con que contaban los muros prefabricados. Al mismo tiempo, se fundieron las membranas siguiendo el procedimiento ya aplicado en la construcción de las viviendas del barrio Quiroga, que después se levantaban y se posicionaban, una a una, sobre los muros prefabricados por uno de sus bordes y sobre los arcos de hormigón, por el otro opuesto, valiéndose de solo dos operarios y guiados por el propio Álvaro Ortega (Fig. 11 y Fig. 12).



Figura 12. (a) Izado de las membranas de hormigón en la fábrica de jabón, Bogotá, 1954; (b) Posicionado de las membranas con ayuda de dos operarios y la participación de Álvaro Ortega. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 175).

Aquí, en términos generales, el sistema de hormigón al vacío demostró ser estructuralmente satisfactorio, y la edificación construida resultó ser razonablemente estanca; pero debido al poco espesor de las losas de cubierta y la falta de aislamiento, estas trataban de separarse de las paredes en las conexiones a causa de la natural expansión del hormigón por el incremento de temperatura. El tratamiento de tales grietas con masilla podía remediar la situación, pero era una condición que se repetía con cada cambio de período estacional.

Otro problema que se presentó durante esta construcción y que Ortega ya había sufrido en ocasiones anteriores era cuando la ventosa presentaba fugas de aire y el vacío no llegaba a las 15" de Hg, de tal manera que las membranas se desprendían y caían sobre el suelo, produciendo daños o accidentes

laborales y pérdidas económicas. Una solución al problema consistía en situar por el intradós de las membranas un aparejo provisional de soporte que era retirado una vez ellas se asentaban en los apoyos de los extremos (Fig. 13).



Figura 13. (a) Desprendimiento de una de las membranas construidas para la fábrica de jabón, Bogotá, 1954; (b) Aparejo provisional en madera situado por el intradós de la membrana para darle mayor rigidez durante el proceso de posicionado. (Fuente: Fondo CINVA, Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, caja 175).

6. EPÍLOGO Y CONCLUSIONES

En 1958 Vacuum Concrete de Colombia ya se había clausurado. Los sistemas prefabricados y los procesos mecanizados eran una excepción y no la regla en el mundo de la construcción en Colombia, todavía ligada para entonces a labores de tipo artesanal aún en proyectos de mediana escala. De otra parte, las estructuras metálicas (de difícil consecución en los primeros años de la posguerra) empezaron entonces a hacerse más comunes y baratas en el país gracias a los procesos de apertura económica impulsados por el Estado, de tal manera que su uso se hizo frecuente en la construcción de estructuras de cubierta.

Los proyectos de vivienda que promovería el Estado colombiano en la segunda mitad del siglo XX nunca llegaron a dar respuesta a la creciente demanda y el uso de elementos prefabricados y sistemas industrializados fue escaso. La mano de obra era barata y no se contaba con gran capital privado que invirtiera en la modernización de los procesos constructivos orientados a la vivienda.

En su tiempo, la obra de Ortega fue aislada e incomprensida. Una nota publicada en 1955 daba cuenta de ello:

Este arquitecto [Álvaro Ortega], después de minuciosos estudios en el exterior, con sus propios recursos y soportando infinitos tropiezos e incomprensiones, señaló a los arquitectos e ingenieros colombianos las excelencias de la prefabricación. En el campo de la vivienda económica y en el de la edificación industrial, se pueden mostrar como notables las obras construidas recientemente por el arquitecto Ortega, en las que intervienen muros, columnas, cubiertas y otros elementos enteramente prefabricados [...] Por su capacidad técnica ha sido solicitado de Norteamérica, Argentina, India y recientemente de la vecina república del Ecuador. Pero a este renombre internacional y al triunfo alcanzado, por sus obras y sistemas constructivos, en el último Congreso Panamericano de Arquitectos, en México, se le ha correspondido en Colombia con una notoria indiferencia, sobre todo de los medios oficiales, quienes serían a la postre los beneficiarios de esos principios ventajosos, por su rapidez, eficiencia, economía (22).

Ese mismo año y de vuelta a los Estados Unidos, Ortega intentó promover en el mercado norteamericano la «Ortega – Billner Roof», aplicando las lecciones adquiridas a través de sus trabajos experimentales en Bogotá, esta vez en alianza con la Vacuum Concrete Inc. Para ello construyó a manera de prototipo dos membranas de perfil rebajado, cada una de 30 m x 11,5 m y espesor variable (entre 5,7 cm y 7 cm) que cubría una piscina situada en un albergue para jóvenes en Philadelphia (23).

Cada membrana estaba formada a su vez por dos secciones simétricas que se construían sobre el nivel de piso con la técnica del hormigón al vacío, las cuales, después de levantarse, asentaban sus bordes curvos sobre vigas Vierendeel situadas en los testeros, que a su vez descansaban en columnas prefabricadas de hormigón. Al nivel de la clave se formaba entonces una junta de 10 cm de espesor, en donde se entrelazaban las barras de refuerzo de cada sección y que posteriormente se llenaba con hormigón fresco vertido en la obra. También en este caso, las ventajas que ayudaban a promocionar el trabajo, eran en el bajo costo de la construcción (un 25% menos que por métodos convencionales) gracias a la ausencia de encofrados y a los breves tiempos de ejecución.

Sin el éxito esperado, poco después, Ortega pasó a desempeñarse como miembro de la Misión de Naciones Unidas sobre estandarización de materiales de construcción en Centroamérica y entre 1960 y 1964 ejerció como asesor en temas de habitabilidad para la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) (24); desde ese rol desarrolló en Guatemala la llamada canaleta autoportante de asbesto cemento (25). Entre 1964 y 1970 se desempeñó como consultor en Chipre y New York adscrito a la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas (DOAT) y a partir de 1970 ejerció la docencia e investigación en McGill University, hasta su fallecimiento, en 1991.

La conexión que logró hacer Álvaro Ortega entre vivienda obrera y elementos industrializados a la luz de conceptos como la estandarización, la prefabricación y la mecanización estarán ausentes del discurso de los arquitectos colombianos durante muchos años. En el contexto latinoamericano, experiencias análogas se pueden encontrar en algunos de los proyectos adelantados por el Banco Obrero de la Vivienda en Venezuela (26) y los que diseñaron en Brasil los arquitectos Sérgio Ferro, Flávio Império y Rodrigo Lefèvre (quienes conformaron el grupo Arquitetura Nova) a partir de 1963, próximos a la idea de moral constructiva de su profesor Vilanova Artigas (27).

REFERENCIAS

- (1) Manchester, H. (1943). Concrete to the Rescue. *The Technology Review*, 45(8); 417-418.
- (2) United States Patent Office. Patented July 7, 1936, 2,046,867. *Method of and apparatus for treating concrete*. Karl P. Billner, New York, N.Y., assignor to Vacuum Concrete Corporation, a corporation of Delaware.
- (3) United States Patent Office. Patented July 7, 1949, 2,475,073. *Handling apparatus for use in reinforcing and lifting bodies of various types*. Karl P. Billner, Philadelphia, Pa., assignor to Vacuum Concrete Corporation, a corporation of Pennsylvania.
- (4) Build Fort for War in 4 Hours (1938). *The Coolidge Examiner*, 13; 7.
- (5) The Story of ... the Precast Vacuum Concrete Method ... Told in Pictures (1947). Philadelphia: Vacuum Concrete Inc.
- (6) Billner, K.P. y B.M. Thorud (1949). Vacuum Processes Applied to Precast Concrete Houses. *Journal of The American Concrete Institute*, 21(2); 121-128
- (7) Billner, K.P. (1950-51). New Prestressing Method Utilizes Vacuum Process. *Journal of The American Concrete Institute*, 22(2); 161-176
- (8) Billner, K.P. (1952). Applications of vacuum concrete. *ACI Journal Proceedings*, 48(3); 581-591.
- (9) Gargiani, R. (2014). *Louis I. Kahn. Exposed Concrete and Hollow Stones. 1949-1959*. Oxford: Routledge.
- (10) Contempre, O. (1952). Le béton sous vide dit VACUUM CONCRETE. *Fiche d'Etude*, 16; 1-4.
- (11) Medina, J.M.; García, J. y Rodríguez, J.A. (2019). Modularidad y prefabricación abovedada. Colombia como germen de una tradición moderna. La experiencia bogotana y su influencia en Latinoamérica. *DeArq*, 25; 44-53.
- (12) Ortega, A. (1948). Función social de la arquitectura. *Proa*, 10; 6-8.
- (13) Anuncio (1950). *Proa*, 37, carátula posterior.
- (14) 350.000 unidades deben ser construidas de 1951 a 1955. El informe Currie (1950). *El Tiempo*, 6 Dic.; 8.
- (15) Vargas, H. (2012). RetCel: The Development of Floor and Roofs Assemblies of Precast Concrete Cells in Colombia, 1949-1989. En R. Carvais, A. Guillaume, V. Nègre y J. Sakarovitch (Eds.), *Nuts et Bolts of Culture, Technology and Society. Construction History* (vol. III, pp. 431-438). Paris: Picard
- (16) Vargas, H. y Anzellini, S. (2018). El ingeniero Enrique García-Reyes y Seoane (1901-1973), académico, industrial y constructor. En J. Galindo, C. Villate y H. Vargas (Eds.), *Primer coloquio colombiano de historia de la construcción* (s.p.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia y Universidad de los Andes.
- (17) Nuevo elemento para construcción (1950). *El Tiempo*, 1 Nov.; 19.
- (18) Billner, K.P. y Zollman, Ch. (1954). Precast Thin-Shell Construction. En *Proceedings of a Conference on Thin Concrete Shells at MIT* (pp. 111-117). Cambridge, MIT.
- (19) Pésimas las construcciones del Barrio Urdaneta Arebeláez (1954). *El Tiempo*, 21 Abr.; 15.
- (20) Hitchcock, H.R. (1955). *Latin American Architecture since 1945*. New York: MoMA.
- (21) Ortega, A. (1971). Existe el problema. *Revista Arquitectura*, 151; 5-37.
- (22) Un pionero de la prefabricación en Colombia (1955). *Proa*, 89, 1955; 1.
- (23) Multishell Precast Concrete (1955). *Architectural Forum*, 103(2); 160-161.
- (24) Escobar A. y Cárdenas, M. (2006). Hitos y protagonistas. En Asociación colombiana de productores de concreto (Ed.), *La construcción del concreto en Colombia* (pp. 44-132). Bogotá: Panamericana.
- (25) Pleated Asbestos Roof for Low Cost Housing (1961). *Architectural Record*, 129(2); 175.
- (26) Meza, B. (2016). El Taller de Arquitectura, una dependencia técnica del Banco Obrero en Venezuela. *Tecnología y Construcción*, 32(2); 56-73.
- (27) Arantes, P.F. (2004). *Arquitetura Nova. Sérgio Ferro, Flávio Império e Rodrigo Lefèvre, de Artigas aos mutirões*. Sao Paulo: Ed. 34.