

La primera cáscara delgada de concreto armado con doble curvatura en México en el contexto de su función y de su construcción

Mónica Silva Contreras
Universidad Iberoamericana Ciudad de México

Resumen

El artículo se refiere a la cubierta sobre el escenario del teatro al aire libre Angela Peralta en la Ciudad de México construida en 1938-1939 por Roberts & Schaefer Co. de Chicago con la licencia Dywidag de Dyckerhoff & Widmann. Esta puede ser considerada la más temprana cáscara delgada de concreto armado en México con doble curvatura sinclástica, además de la primera cubierta para el escenario de un teatro al aire libre en México. El objetivo es contextualizar la obra para contribuir a su valoración en la historia de la construcción arquitectónica moderna en México. Una primera aproximación contextual serían los logros en Alemania, donde se precisaron los principios estructurales para diseñar este tipo de cubiertas. A ello se suma el contexto americano, donde la presencia de grandes compañías constructoras internacionales llevó a la promoción de las cubiertas curvas de concreto armado. En lo inmediato está el contexto mexicano, donde desde los primeros años del siglo xx se había formado un cuerpo de diseñadores, empresarios y obreros para la elaboración de armaduras y moldes. Se trata de un medio que prosperó en los tiempos posrevolucionarios. Además, es importante esbozar el contexto en el cual surgen los primeros teatros al aire libre, la función para la cual se construyó la estructura. En estos cuatro niveles contextuales surgió esa cáscara que en 1938 era la segunda de doble curvatura en América y que todavía en 1954 Anton Tedesko señalaba como parte de la difusión internacional de este tipo de estructuras.

Palabras clave: teatro Angela Peralta; Roberts & Schaefer Co.; Dywidag; Anton Tedesko; Fomento y Urbanización SA.

The first thin shell of reinforced concrete with double curvature in Mexico within its functional and constructive context

Abstract

The article refers to the roof over the stage of the Angela Peralta open-air theater in Mexico City built in 1938-1939 by Roberts & Schaefer Co. from Chicago under the Dywidag license of Dyckerhoff & Widmann. This may be considered the earliest reinforced concrete thin shell in Mexico with synclastic double curvature, as well as the first cover for the stage of an open-air theater in Mexico. The objective is to contextualize the work to contribute to its valuation in the history of modern architectural construction in Mexico. A first contextual approach would be the achievements in Germany, where the structural principles for designing this type of roof were specified. In addition, there is the American context, where the presence of large international construction companies led to the promotion of curved reinforced concrete roofs. The immediate context is the Mexican, where since the beginning of the 20th century several designers, businessmen and workers had been formed for the elaboration of reinforcement and molds. It was an environment that grew in post-revolutionary times. In addition, it is important to outline the context in which the first open-air theaters emerged, the function for which the structure was built. In these four contextual levels arose that shell which in 1938 was the second double-curvature shell in America and which still in 1954 Anton Tedesko pointed out as part of the diffusion of these kinds of structures.

Keywords: Angela Peralta Theater; Roberts & Schaefer Co.; Dywidag; Anton Tedesko; Fomento y Urbanización SA.

Son muchas las preguntas y pocos los datos ciertos acerca de la delgada cáscara de concreto armado construida entre 1938 y 1939 como escenario para el teatro al aire libre Angela Peralta en el parque de la entonces recién urbanizada colonia Chapultepec Polanco en la Ciudad de México. Entre la escasa información disponible acerca de la estructura, destaca la fotografía tomada por Israel Katzman cuando la cáscara tendría unos veinte años de uso (Figura 1). Algunas referencias en prensa durante los tiempos del proyecto y construcción, así como la ponencia presentada por Anton Tedesko en 1954, en la cual resumía las experiencias

constructivas de delgadas membranas de concreto armado, contribuyen a hilar la historia de una estructura que, aún con importantes modificaciones, continúa cumpliendo su función. Su historia es poco conocida, a pesar de algunas notas para su difusión en medios electrónicos (Fierro 2011).

Con la intención de dar continuidad a la investigación acerca de las experiencias con el concreto armado en México durante las primeras décadas del siglo xx, el objetivo de estas páginas es la contextualización de la obra para contribuir a valorarla en la historia de la construcción arquitectónica mexicana.

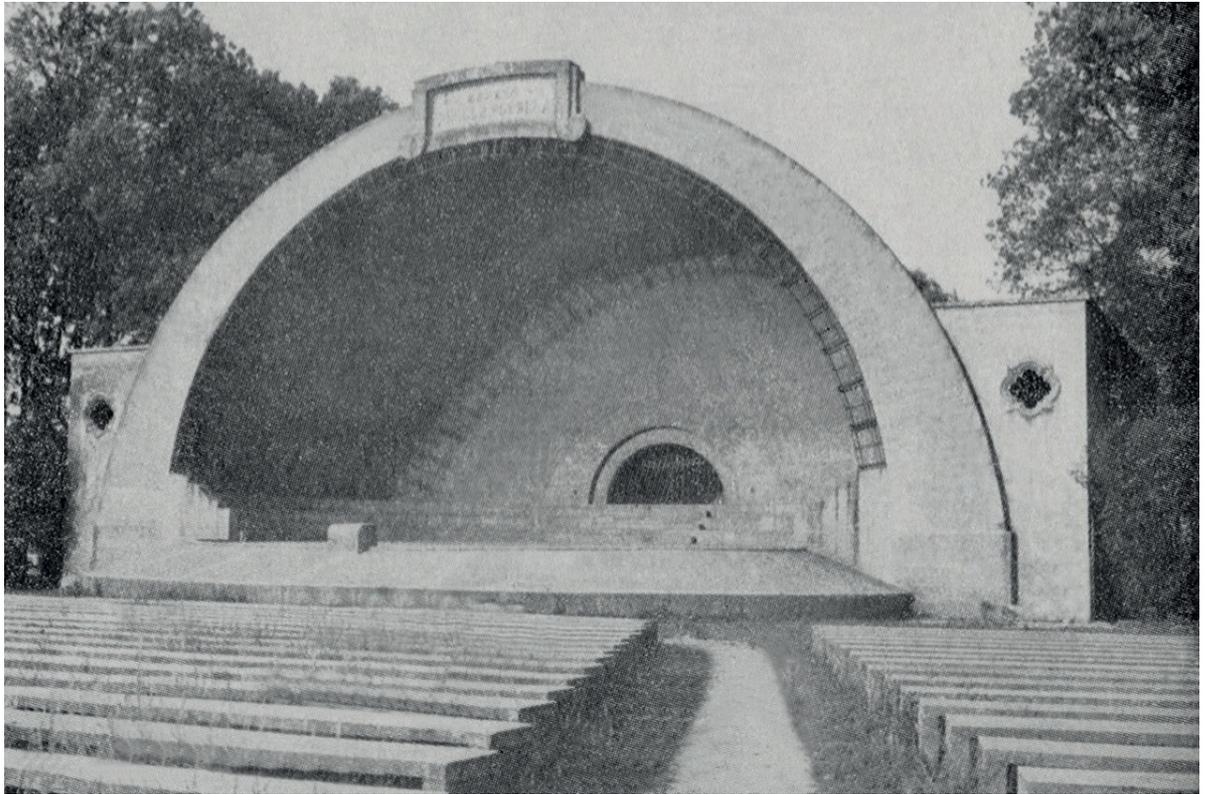


Figura 1. El escenario del Teatro Ángela Peralta en la colonia Polanco-Chapultepec, Ciudad de México (Katzman 1963, 126).

Dicha contextualización se presenta en cuatro niveles, relacionados entre ellos en diversos aspectos, partiendo de los principios estructurales y medios constructivos experimentados en Alemania para la construcción de membranas delgadas de concreto armado desde mediados de la década 1920, tema que ha sido tratado ampliamente en publicaciones previas. Menos conocido ha sido el proceso de transferencia del diseño y construcción de estas membranas al mundo americano y específicamente a América Latina. Aunque en estas páginas las referencias sean a las reseñas más tempranas, la selección de casos para ilustrar los primeros casos construidos en estos contextos corresponde con la importancia que las publicaciones más relevantes sobre el tema dan a las estructuras en las que predomina el rol de la membrana delgada de doble curvatura.

En el contexto técnico mexicano de aquellos años se encontraron tanto las posibilidades para la construcción en concreto armado como el auge de los espacios

recreativos en las nuevas colonias de expansión urbana para clases medias profesionales. De ahí que sea necesario examinar la función de esta cáscara, como escenario para un teatro al aire libre, mediante casos destacados tanto en México como en el extranjero desde los primeros años de la década 1920.

Aún cuando lo más original del trabajo de Félix Candela haya sido el diseño de superficies laminares de doble curvatura con direcciones opuestas, es decir, anticlásticas, del tipo silla de montar o paraboloides hiperbólicos, sus primeras experiencias fueron bóvedas rebajadas y tempranas propuestas de diafragmas de doble curvatura con perfil catenarior. Su obra es sumamente conocida, pues ha sido estudiada desde la década de 1960 hasta años más recientes, pero es poco lo que se ha investigado acerca de la situación previa a su trabajo en México e incluso la construcción de grandes cubiertas de concreto armado por otros diseñadores y constructores contemporáneos a Candela en el país. Destacan los estudios de acerca de Enrique de

la Mora por Elisa Drago, pero poco se ha abordado acerca de la construcción de las cubiertas de mercados por otros contratistas como el de La Lagunilla, según proyecto arquitectónico de Pedro Ramírez Vázquez o el de La Merced por Emilio Rosenblueth siguiendo la arquitectura de Enrique del Moral.¹

Por otra parte, es poco lo que se ha escrito sobre la arquitectura de estos teatros al aire libre en México. En este sentido, es reseñable el trabajo publicado por Iván San Martín, quien describe este subgénero recreativo mediante casos destacados en todo el país clasificándolos de acuerdo con el carácter público o privado de sus promotores y financistas. El autor se refiere al escenario del teatro al aire libre Ángela Peralta en cuanto a sus aspectos estilísticos, su forma y a su devenir histórico (San Martín 2020). Este trabajo contribuye con el entendimiento de ese último contexto, el mexicano, en relación con la función y disposición, así como a su relación con su entorno físico inmediato.

Para el estudio de los cuatro niveles contextuales que se plantean, las referencias más importantes están en publicaciones contemporáneas a la obra, como los periódicos de circulación nacional o la revista promocional *Cemento*, así como publicaciones extranjeras de esos mismos años. Mucho de ese material ha sido consultado en versiones electrónicas, así como el apoyo en material gráfico localizado en distintos archivos.

UNA PRIMERA APROXIMACIÓN CONTEXTUAL: LOS LOGROS EN ALEMANIA Y LA DIFUSIÓN A LOS ESTADOS UNIDOS

Los antecedentes a las membranas de concreto armado pueden considerarse en la construcción de barcos de concreto armado, en los cuales la resistencia de la estructura se debía a su forma y no a la cantidad de material empleado en su construcción.

Grandes empresas constructoras en Europa realizaron los ensayos que condujeron a la difusión de estas delgadas membranas para diversas funciones. Las primeras con doble curvatura fueron realizadas por la firma Christiani & Nielsen para los hangares de hidroaviones en Tallin, Estonia, logrando 36,40 metros libres de apoyos (Newson 1920, 183). Poco después, Eugène Freyssinet “revivió” un proyecto de 1915

para construir un hangar con tres bóvedas de arista de 45 m libres cada una en Villacoublay (Figura 2), aeródromo cerca de París donde se construyeron hangares con distintos materiales y técnicas para cubrir los grandes espacios requeridos por la nueva función (Anciens aérodromes 2015; Freyssinet 1923, 267; Hangars d’aérodromes). Entre las estructuras de doble curvatura, destaca un poco más tarde el Mercado de abastos de Algeciras (España), con casi 48 metros de diámetro, realizado entre 1933 y 1935 según proyecto de Eduardo Torroja donde el rebajadísimo domo de concreto armado fue calculado siguiendo las teorías de Franz Dischinger.

Efectivamente, fue en Alemania donde Franz Dischinger precisó los principios que llevaron a la difusión de delgadas cáscaras de concreto armado. Como es sabido, esto ocurrió a partir de la experiencia promovida por la empresa óptica de Carl Zeiss al decidir en 1922 construir una delgada cúpula, con sólo 3 centímetros de espesor para 16 metros de diámetro, para el nuevo planetario del Deutches Museum de Múnich (Billington 2000, 53; May 2012a, 700).²

La empresa Dyckerhoff & Widmann (Dywidag) patentó junto a Carl Zeiss el método Zeiss-Dywidag, el cual implicaba la construcción de un armazón de barras de acero rígidas y autoportantes que dividían la forma deseada en una serie de formas triangulares, base para fijar una malla metálica. Sobre este sistema se proyectaba una fina capa de mezcla de concreto “gunitado” o proyectado. En las imágenes de la construcción del prototipo en la fábrica Zeiss se puede apreciar el poliedro que forma la armadura de acero apenas recubierto por el concreto aplicado con pistola.

El encofrado funcionaba como respaldo para evitar el paso del concreto proyectado a través de la malla metálica. Una vez que este se secaba, se retiraba el molde y se utilizaba para proyectar mezcla en la siguiente sección de la armadura (Figuroa, Mbise y Owensby). El concreto disparado por un compresor de aire había sido una invención estadounidense de 1907.³ Una vez patentado el nombre “gunite” en 1912, el proceso se difundió y para 1921 había llegado a Alemania (Morgan y Bernard 2017, 24).

A partir de aquella experiencia, entre el ensayo en la fábrica Zeiss y la construcción del planetario en 1926, el crecimiento de las cúpulas y bóvedas



Figura 2. Vista de la bóveda de aristas propuesta por Freyssinet para el aeródromo de Villacoublay (Freyssinet 1923, LXXXIII-12, 267).

con el sistema fue exponencial gracias al trabajo del propio Dischinger junto a Ulrich Finsterwalder, en un dúo no libre de conflictos (May 2012b). Diversas formas estructurales llevaron a la construcción de espacios de grandes dimensiones por parte de la empresa en toda Alemania y a su expansión internacional (Tabla 1).

Luego de los importantes avances en el progreso para el diseño y construcción de grandes cáscaras delgadas de concreto armado en Alemania, uno de los jóvenes ingenieros de Dyckerhoff & Widmann, Anton Tedesko, propuso junto a su colega en Chicago Hans Kalinka, de la empresa constructora Roberts & Schaefer Co., viajar a la ciudad americana para introducir estas estructuras en los Estados Unidos (Billington 2000, 57). Tedesko había trabajado desde 1930 en la empresa y había construido sus primeras cáscaras de concreto basándose en la patente alemana y según los procedimientos desarrollados en la compañía. De hecho, las promovió usando imágenes de las experiencias en Alemania, pero en sus obras desarrolló técnicas para adecuarlas a las prácticas constructivas americanas (Hilnes y Billington 2004, 1643).

La transferencia de estas formas constructivas tuvo un momento clave en la exposición internacional *A Century of Progress* en Chicago 1933-1934. La exposición debía reflejar las nuevas ideas y sugerir posibilidades al futuro de la arquitectura, así que entre los avances estructurales fueron construidas la primera cubierta colgada en Estados Unidos en el *Travel Transportation Building* (Bennett, Burnham y Holabird) y las primeras cáscaras delgadas de concreto armado de Estados Unidos en el pabellón de lácteos Brook Hill. Un pequeño edificio con cinco bóvedas de cañón de 14 pies, poco más de 4,25 metros cada una, para presentar el modelo de una granja lechera moderna en la temporada de 1934.

La estructura fue evaluada positivamente por ingenieros de la Portland Cement Association, de la Universidad de Illinois, así como por representantes de Roberts & Schaefer Co. (Billington 2000, 52). Una estructura similar, con ocho bóvedas, fue construida en 1935 y seguida por otras, siendo cada vez mayores las dimensiones hasta el gran logro que representó en 1936 el Estadio en Hershey, Pensilvania. Esta es una bóveda con espesor menor a 9 centímetros, reforzada con arcos a intervalos de casi 12 metros. La luz teórica

Tabla 1. Primeras cáscaras de doble curvatura con claros destacables.

1916-1917	Hangares para hidroaviones en Tallinn	Christiani & Nielsen	36.4 x 36.4 m
1919	Hangar en Villacoublay	Limousin et Freyssinet	[40 m x 3] x 45 m
1922-1926	Zeiss-Planetarium, Jena	Franz Dischinger y Hubert Rüsich, Dyckerhoff & Widmann	26 m
1929	Mercado de Leipzig	Hubert Ritter, Hubert Rüsich y Franz Dischinger, Dyckerhoff & Widmann	68,5 m

de los arcos es de 222 pies, más de 67 metros (Molke y Kalinka 1938, 697).⁴ Fue la cáscara de concreto armado con mayores dimensiones y el mayor reto para Tedesko en toda la década.

Una de las diferencias que puede observarse en las imágenes de la construcción de edificio deportivo es el colado manual de la mezcla de concreto en un encofrado que contiene una armadura reticular (Molke y Kalinka 1938, 695). Fue una importante diferencia con las primeras cáscaras realizadas con el sistema Zeiss-Dywidag, en las cuales el concreto se proyectaba para rigidizar armaduras que formaban triángulos.

La primera de las cáscaras de doble curvatura construida en los Estados Unidos fue la cúpula del Planetario Hayden en el Museo de Historia Natural en Nueva York. Con 80 pies de diámetro, poco más de veinticuatro metros, llegando a sólo 3 pulgadas de espesor, poco más de 7,5 centímetros, la estructura realizada entre 1934 y 1935 resultaba muy similar al planetario en Jena.⁵

Antes de la expansión del sistema patentado por Dyckerhoff & Widmann a los Estados Unidos, la empresa construyó estructuras abovedadas en Suramérica, lo cual conduce a examinar su realización en entornos donde se había entrenado desde comienzos del siglo mano de obra local con el trabajo en concreto armado. Esto sería determinante para la arquitectura de la modernidad en la región.

GRANDES CUBIERTAS DE CONCRETO ARMADO EN EL CONO SUR

Empresas internacionales, como la también alemana Wayss & Freytag y la danesa Christiani & Nielsen, habían llegado al Cono Sur y se consolidaban desde la segunda década del siglo xx con importantes obras de infraestructura e instalaciones industriales

(Freitas 2011). Esto condujo a la promoción de las cubiertas curvas de concreto armado, luego que la construcción con el material había tenido experiencias en puertos, silos y otras grandes estructuras para diversas funciones.

Durante los años de la Gran Depresión el negocio internacional fue un gran apoyo para estas empresas. Casi dos tercios de todas las cáscaras Zeiss-Dywidag, que sumaban casi 100.000 m², se construyeron en países extranjeros. Zeiss, como titular de la patente, percibía por lo general una tarifa de licencia de 0,33 Reichsmark por metro cuadrado de superficie. Dywidag aseguraba su parte como ingenieros consultores para las construcciones más complejas con cálculos y planos. Además, la empresa enviaba directores de obra experimentados para ayudar a cada licenciataria durante la primera ejecución de una cáscara delgada de hormigón (May 2015).

En tal sentido, en Argentina y en Uruguay se construyeron siete cubiertas que marcaron el proceso de internacionalización del sistema Dywidag. Sólo en Uruguay se construyeron cinco de esas bóvedas entre 1925 y 1933. Entre ellas la bóveda de cañón en la iglesia parroquial de Santa Teresita de Juanicó, con 23,25 metros de longitud y 8 metros de ancho, inaugurada en diciembre de 1930 (Figura 3).⁶ Imágenes de la estructura en construcción permiten ver delante del encofrado el anuncio “Dywidag”. Mientras en los Estados Unidos la firma Schaefer & Roberts Co. trabajó con varios contratistas, en el Cono Sur las obras estuvieron a cargo de las constructoras alemanas posiblemente porque ya estaban asentadas en aquel contexto.⁷

El manual de cálculo *Bóvedas cáscara de cemento portland*, publicado en Argentina en 1943, da cuenta de este tipo de obras por parte de diferentes empresas y tal vez haya contribuido con la difusión del sistema para la construcción de otras.⁸ En el mismo aparece

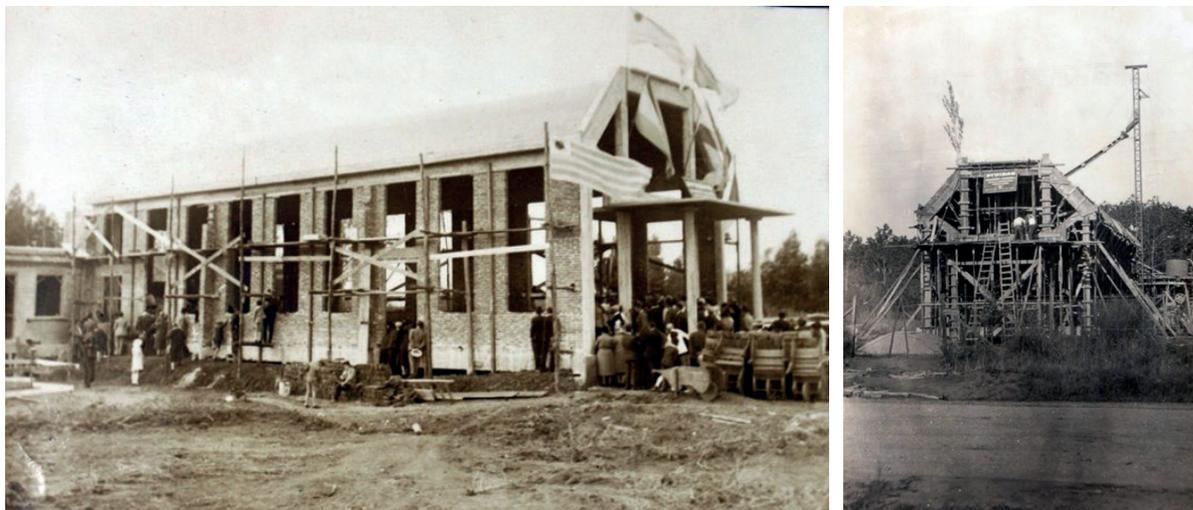


Figura 3. Capilla de Juanicó en obras, foto proveniente del archivo diocesano de Canelones. Cortesía del Dr. Fernando Lúquez Cilintano, de Juanicó.

construida la cubierta de la Fábrica Gafa (Grandes Fabricas Argentinas SA – Bunge y Born), cuyo proyecto fue publicado en el catálogo del sistema Zeiss-Dywidag (1931, 13-14). Esta fue incluida entre las estructuras que Anton Tedesko citaría en 1954, junto a otras de perfil similar. Si bien son estructuras diferentes a las de doble curvatura, son un interesante caso de estudio aún pendiente.

No puede dejar de mencionarse que sería con los ingenieros alemanes con quienes tendría intención de estudiar Félix Candela cuando el estallido de la Guerra Civil en España cambió sus planes (Casinello 2015, 74). Las teorías y sistemas de cálculo de Finsterwalder fueron las bases del trabajo de Eduardo Torroja y de las primeras ambiciones de Candela.

Los progresos del material no se detenían y las publicaciones mexicanas mostraban los grandes alcances logrados con el mismo en Europa entre las páginas de circulación nacional o con un poco más de demora en la revista *Cemento*. De ahí que los hangares en el aeropuerto de Orly, la iglesia de *Notre dame du Raincy* o la cubierta sobre la piscina de la *Butte-aux-Cailles* en París fueran conocidas por los profesionales de la construcción en el país. Mientras, se construían los primeros teatros al aire libre en territorio mexicano.

EL CONTEXTO FUNCIONAL: EL TEATRO AL AIRE LIBRE

Es importante esbozar el contexto funcional para el cual se construyó la pequeña estructura en Polanco, es decir, el escenario de los teatros al aire. Algunos de estos espacios para las artes escénicas o la música al aire libre, como el de Regent's Park en Londres, son sólo el aprovechamiento de la pendiente del terreno sin una estructura permanente que defina el escenario. Sin embargo, conocidos ejemplos, contemporáneos a los que se construyeron en México durante las décadas de 1920 y 1930 permiten establecer comparaciones en cuanto a las formas, materiales y técnicas constructivas.

La Naumburg Bandshell había sido diseñada desde 1916, pero se construyó e inauguró entre 1921 y 1923 debido a que su patrocinador consideró inapropiado iniciar la construcción de una estructura dedicada al placer durante o recién finalizada la Primera Guerra Mundial. El diseño de William G. Tachau, con forma semiesférica y revestimiento de piedra caliza de Indiana, fue una innovación que combinaba las formas clasicistas y la función ornamental de los edificios historicistas en muchos parques con sus buenas calidades acústicas (Figura 4). Desde entonces, la forma se convirtió en el arquetipo musicales más utilizado para el diseño de pabellones (Naumburg Orchestal...). Contrasta con esta idea la forma del Miller Outdoor



Figura 4. Naumburg Bandshell, Central Park, Nueva York. Mack Male from Edmonton, AB, Canadá. Central Park New York, CC BY-SA 2.0. Acceso el 5 de diciembre de 2023. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=109470526>.

Theatre en Houston, donde el diseño de William Ward Watkin en 1922 corresponde con un sistema de pórtico y frontón con columnatas a ambos lados de la caja del escenario (Miller Outdoor Theatre). También como respuesta en lenguaje clasicista son las columnatas laterales al escenario descubierto del Sunken Garden Theater en San Antonio por parte de Harvey P. Smith ya en la década de 1930.

Los que hasta ahora han sido señalados como referentes al escenario del teatro Angela Peralta en la Ciudad de México corresponden con la forma, aunque no con los materiales y técnicas de su construcción (Fierro Gossman, 2011). Así, las cubiertas de Miron Hunt en 1926 y de Lloyd Wright en 1928 para el Hollywood Bowl en Los Angeles, fueron construidas con materiales tan efímeros como yeso-cartón o madera contra enchapada, respectivamente,

mientras que la de 1929 fue una estructura metálica de arcos concéntricos (Water and Power Associates; Wright 2000).

Sólo hasta que Franz Dischinger diseñó la cubierta para el escenario junto al lago del parque en la ciudad balnearia de Schwalbach (Figura 5) es posible encontrar una estructura similar a la de Polanco. El ingeniero la señalaría entre sus obras destacadas en el diseño de bóvedas absidiales en el congreso de la Asociación Internacional de Puentes e Ingeniería Estructural en 1936 (Dischinger 1936, 721). La estructura es una de sus delgadas cáscaras, en este caso con un arco que actúa como viga de borde circular y que conforma la silueta frontal de la bocina.

La forma y las referencias de carácter para los escenarios era tan amplia y variada como las actividades que podían realizarse en aquellos teatros (Tabla 2).

Tabla 2. Principales teatros al aire libre en las décadas de 1920 y 1930.

1916, 1921-1923	Naumburg Bandshell, Central Park, Nueva York. William Gabriel Tachau (Tachau & Vaught Architects)	Escenario cubierto con bóveda semiesférica de piedra
1922	Miller Outdoor Theatre, Houston. William Ward Watkin	Escenario cubierto con pórtico y frontón, columnata clasicista
1922	Teatro al aire, San Juan Teotihuacan. Dirección de Antropología	Escenario descubierto
1926	Hollywood Bowl, Los Angeles. Miron Hunt	Escenario cubierto bóveda de madera y plasterboard
1927	Teatro Lindbergh, colonia Hipódromo Condesa. Leonardo Noriega, Javier Stávoli y Roberto Montenegro	Escenario descubierto
1928	Hollywood Bowl, Los Angeles. Lloyd Wrigth	Plywood
1929	Hollywood Bowl, Los Angeles. Elliot, Bowen, and Waltz, construida por Allied Architects	Estructura metálica
1929	Teatro al aire libre, Centro Social y Deportivo para Trabajadores Venustiano Carranza, Balbuena, Ciudad de México. Departamento del Distrito Federal	Escenario descubierto
1930-1937	Sunken Garden Theater, San Antonio. Harvey P. Smith	Escenario descubierto
c. 1930	Pabellón de música en Schwalbach. Franz Dischinger	Cáscara sistema Dywidag con viga de borde
1930-1931	Sihlhölzli Music Pavilion, Zurich. Hermann Herter, arquitecto, Robert Maillart, ingeniero	Cáscara de concreto con viga de borde
1938-1939	Teatro al aire libre Ángela Peralta, Polanco. Francisco Lazo, ingeniero; Roberts & Schaefer Co.; FyUSA, contratista.	Cáscara sistema Dywidag con viga de borde
1939-1940	Hatch Memorial Shell, Esplanade, Boston. Richard J. Shaw, Maurice Reidy, Roberts & Schaefer Co.	Cáscara sistema Dywidag modificada
1939-1940	Leslie L. Diehl Band Shell, Island Park, Dayton, Ohio. James Edward Agenbroad	Bóveda de cañón y bóveda troncocónica de concreto armado

Acorde con el racionalismo que se cocinaba en el contexto alemán aparecía la forma libre de referencias, vinculada a un material moderno y a una forma estructural de vanguardia.

En el contexto mexicano, el primero de los teatros al aire libre fue el de San Juan Teotihuacán, obra de 1922 enmarcada en los estudios acerca de las tradiciones culturales adelantadas por el antropólogo Manuel Gamio y seguramente para la puesta en escena de las manifestaciones folklóricas que recopiló. El proyecto fue del ingeniero Carlos Noriega (México tendrá en breve..., 1928). Es posible que fuera asesorado por el personal de la Dirección de Antropología donde trabajaba Ignacio Marquina, quien participó del equipo que analizó la arquitectura teotihuacana.⁹ Un sistema de bancas de mampostería con bandas decoradas en su parte posterior remiten a los relieves de la arquitectura prehispánica local (Figura 6).

Por aquellos mismos tiempos preparaba José Luis Cuevas su “Proyecto general de fraccionamiento Terrenos del Jockey Club de México”, el cual, por

su clara jerarquización según un eje estricto eje de simetría, es un plan enmarcable en la tradición académica (Cuevas 1922-1923, 101). Los desarrolladores de aquellos terrenos optaron por una propuesta moderna de ciudad jardín, trazada por Cuevas con Carlos Contreras en 1926. El teatro al aire libre, llamado Lindbergh en honor al aviador estadounidense, fue realizado según proyecto de Leonardo Noriega y Javier Stávoli con esculturas de Roberto Montenegro. El escenario descubierto quedó delimitado con los volúmenes que forman los vestidores a ambos lados, con relieves “Alegoría al Teatro” de Montenegro en piedra coloreada, y se jerarquiza en la composición con cinco altas columnas de planta octogonal que sostienen un sistema de vigas y viguetas de madera a modo de pérgola (Figura 7).

Un par de años más tarde se construyó, como parte del Centro Social y Deportivo para Trabajadores Venustiano Carranza, en la colonia Balbuena de la Ciudad de México, otro teatro al aire libre cuyo diseño debió estar a cargo de los arquitectos que por

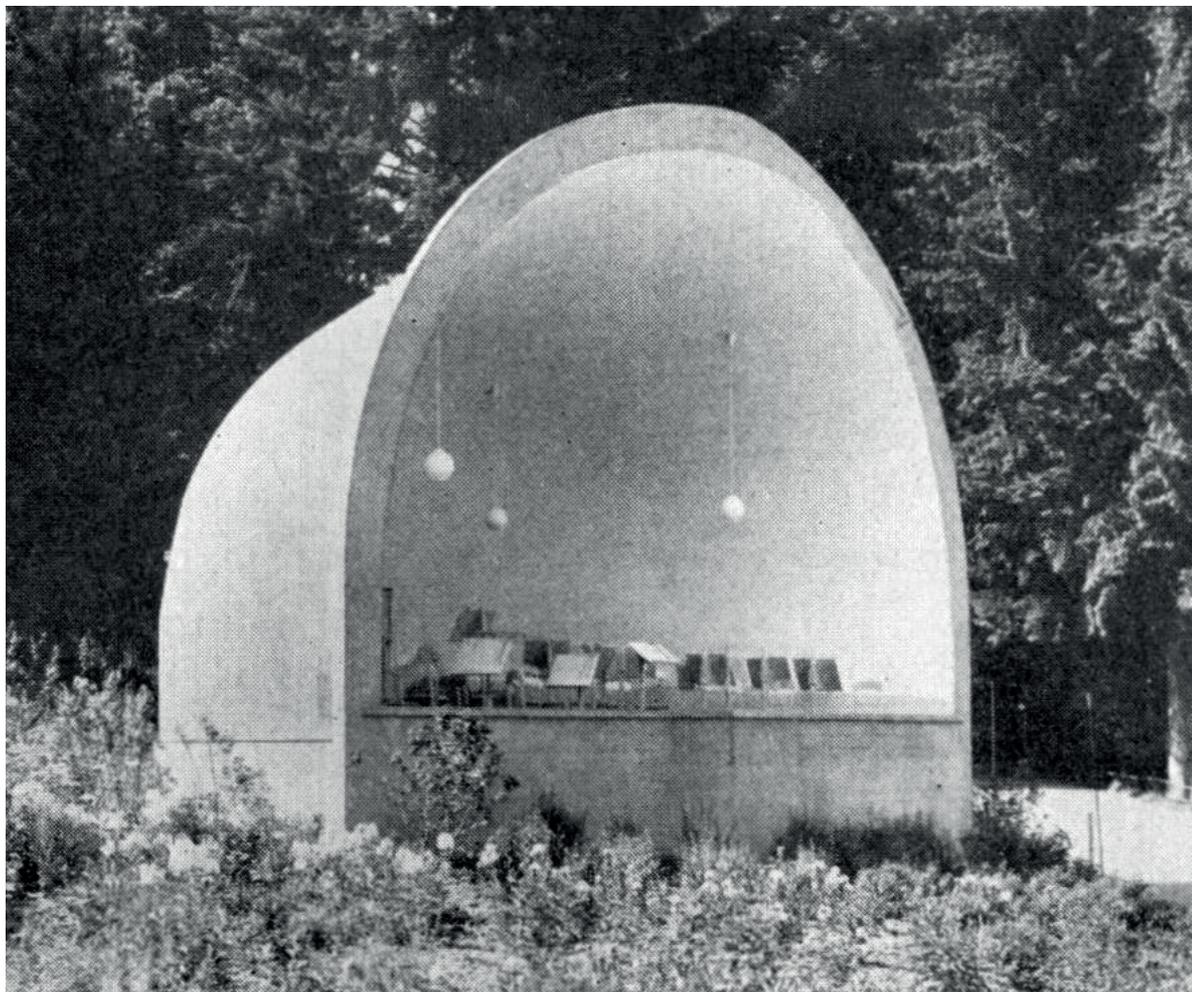


Figura 5. Cubierta para músicos en Schwalbach (Dischinger 1936, 721).

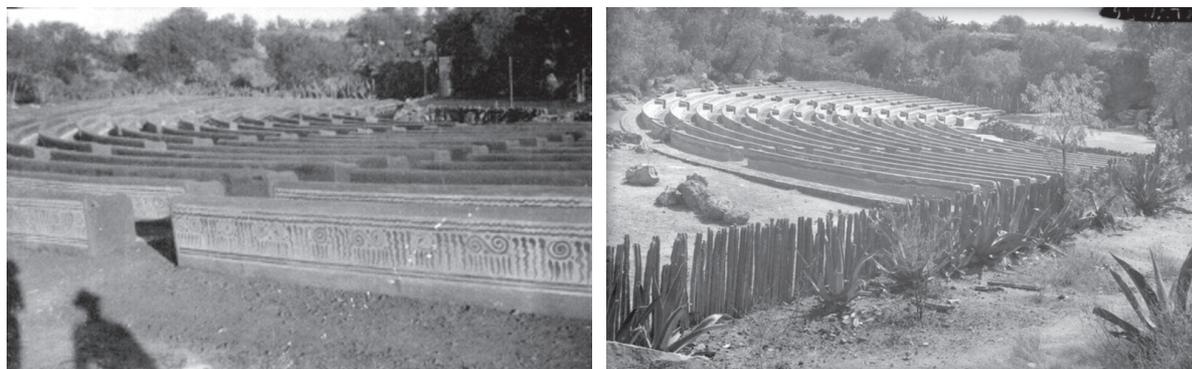


Figura 6. Vista parcial de las gradas del teatro al aire libre en Teotihuacán, c. 1930. Teatro al aire libre, vista parcial. Fotos procedentes de la Mediateca INAH.¹⁰



Figura 7. Escenario del teatro al aire libre en el parque Lindbergh. Atlas General del Distrito Federal (Ciudad de México 1992, vol.2, lám. 50).



Figura 8. Escenario del teatro al aire libre en el del Centro Social y Deportivo para Trabajadores Venustiano Carranza. Atlas General del Distrito Federal (Ciudad de México 1992, v.2, lám. 15 y 16).

entonces se desempeñaban en el Departamento del Distrito Federal.¹¹ También en este caso el escenario es descubierto. Se destaca mediante una composición con forma de arco y dos estructuras a los lados que, como en La Condesa, ofrecerían pequeños espacios de servicio para las actividades escénicas (Figura 8).

El detalle de una imagen capturada en la década de 1920 de una concurrida obra al aire libre en el parque de Chapultepec permite apreciar a la distancia un escenario con una estructura arquitectónica constituida por dos columnas con capiteles sobre las cuales se apoye un alto entablamento. Hacia los lados se abre una escalinata, donde se distinguen las figuras de los actores, rematada por dos pilones que se aprecian de planta cuadrada. La estructura se observa



Figura 9. Gente presenciando una obra de teatro al aire libre en Chapultepec. Foto: Mediateca INAH.¹²

ornamentada, pero no es posible diferenciar el lenguaje de sus componentes. El espacio cubierto parece ser poco profundo, sólo como fondo de la representación (Figura 9).

Mientras los escenarios de los primeros teatros al aire libre de aquellos años en los Estados Unidos se remitieron a los referentes greco-romanos, en México fueron propuestas relativas a la búsqueda de identidad, mediante formas, colores, relieves y esculturas, que un buen grupo de arquitectos defendían en aquella década de contrastes entre las referencias internacionalistas y la búsqueda nacionalista. Los tres casos señalados tienen el escenario descubierto. Se le enfatizó mediante la altura y un pórtico detrás de la plataforma del escenario. El primero en tener una cubierta sobre todo el escenario fue el de Polanco.

El plan de la colonia Insurgentes-Condesa, como el de Chapultepec-Polanco, una década más tarde, es bastante simétrico y jerarquizado, pero el escenario en la segunda propuesta urbana es moderno en forma, material y estructura.

ANTECEDENTES TÉCNICOS EN EL CONTEXTO MEXICANO

En lo inmediato a la obra está el contexto técnico constructivo mexicano, donde desde los primeros años del siglo XX se habían proyectado y construido cubiertas de concreto armado que, sin alcanzar las dimensiones

de sus congéneres alemanas o estadounidenses, implicaron la formación de un cuerpo de diseñadores, empresarios y obreros capacitados en las propuestas y la realización, incluyendo la elaboración de moldes, armaduras y mezclas.

Durante la primera década del siglo xx, la mayoría de las primeras grandes cubiertas de hormigón armado en México se construyeron con el sistema Hennebique (Silva Contreras 2016a). En estas obras es posible identificar una tipología de bóvedas y estructuras nervadas combinadas con superficies curvas, funcionando quizá como delgadas cáscaras, cubriendo claros desde siete hasta dieciocho metros.

La mayor parte de esas experiencias estuvieron a cargo de Miguel Rebolledo, el concesionario más destacado de la firma, y de un cuerpo emergente de profesionales de la construcción en hormigón armado, como Nicolás Mariscal, autor de un proyecto con bóveda de cañón de nervios de refuerzo de unos 12 metros, con superficies curvas entre ellos de 8,5 cm de espesor. Entre los proyectos realizados destaca la iglesia parroquial diseñada por Manuel Gorozpe y adaptada al sistema Hennebique con 11 metros de claro, con nervios que remiten a las bóvedas góticas, con superficies curvas entre ellos como finas cáscaras de 6 centímetros. En el proyecto de otra iglesia parroquial el proyecto de José Luis Cuevas la nave se cubre con una bóveda de cañón con nervios de refuerzo de 13,5 metros de luz con superficies curvas de 10 centímetros de espesor y aunque es difícil calcular el claro que tendría el salón de actos del Ayuntamiento de México en la única imagen disponible de la obra, se trata también de una bóveda con arcos de refuerzo. Construida por Miguel Rebolledo según proyecto de Manuel Gorozpe, la imagen permite apreciar la fina superficie curva entre los arcos (Silva Contreras 2016, 202).

Se trata de un medio que en los tiempos inmediatamente posrevolucionarios vio aparecer algunas experiencias de cubiertas basadas en secuencias de arcos, llegando en 1927 a los 14 metros del garaje en el Edificio Balderas, según proyecto de Federico Mariscal (Nuevo sistema...). Entre otros, se trata de la construcción de grandes estructuras arquitectónicas que antecedieron a la forma semiesférica de la cáscara en Polanco y de las cuales ha registro gracias a la promoción del cemento nacional que se dio durante la década de 1920.

Mucho más cercana a la forma del escenario teatral en estudio, fue la propuesta de una cúpula nueva Basílica de Nuestra Señora de Guadalupe en 1920 (Figura 10). Esta destaca por sus descomunales dimensiones cuando todavía no habían sido construidas en Alemania las cáscaras con el sistema Zeiss-Dywidag. Una reseña en prensa señalaba:

En México, la cúpula es tema principal en lo moderno, en el Teatro Nacional, en el Palacio Legislativo y ahora en el proyecto de la futura Basílica del Tepeyac... La cúpula es el tema principal, lo demás un agregado... su diámetro será de setenta metros, cosa ahora factible con menos dificultad gracias a los nuevos procedimientos constructivos que aporta el concreto armado (Rodríguez del Campo 1921, 15).

El único antecedente al diámetro de aquella cúpula era el *Centennial Hall*, en Wroclaw, según proyecto de Max Berg con Richard Konwiarz y Günther Trauer, construido por Dyckerhoff & Widmann entre 1910 y 1913. Contrasta la suposición por parte de Rodríguez del Campo de construir la inmensa cúpula en concreto armado con los artículos en los periódicos de esos primeros años de la década, cuando el relanzamiento del concreto armado se sustentaba en explicaciones básicas acerca de su composición, usos y ventajas.

Hasta ahora no es posible comprobar si la estructura en Polonia era conocida o no en el contexto de los diseñadores y constructores mexicanos antes de su publicación en 1929 (Breslau 1929, 24-25). Sin embargo, es posible constatar que en 1922 se difundieron las experiencias alemanas de proyección de concreto con aire comprimido, las que harían posible las primeras membranas Zeiss-Dywidag:

En la construcción del canal de Panamá fue ensayado un nuevo sistema llamado de cañón de cemento, por el cual se proyectaba el hormigón en obras bajo una fuerte presión...

En la actualidad se han efectuado trabajos en Alemania, por medio del cemento proyectado, con muy buen resultado.

El hormigón mezclado y humedecido se introduce por medio de un tornillo sin fin de transporte, en el aparato de proyección propiamente dicho, desde donde es lanzado por medio de un tubo al sitio de empleo, por medio de la expansión del aire comprimido a 3 o 4 atmósferas, lo que hace que el hormigón llegue como un proyectil.

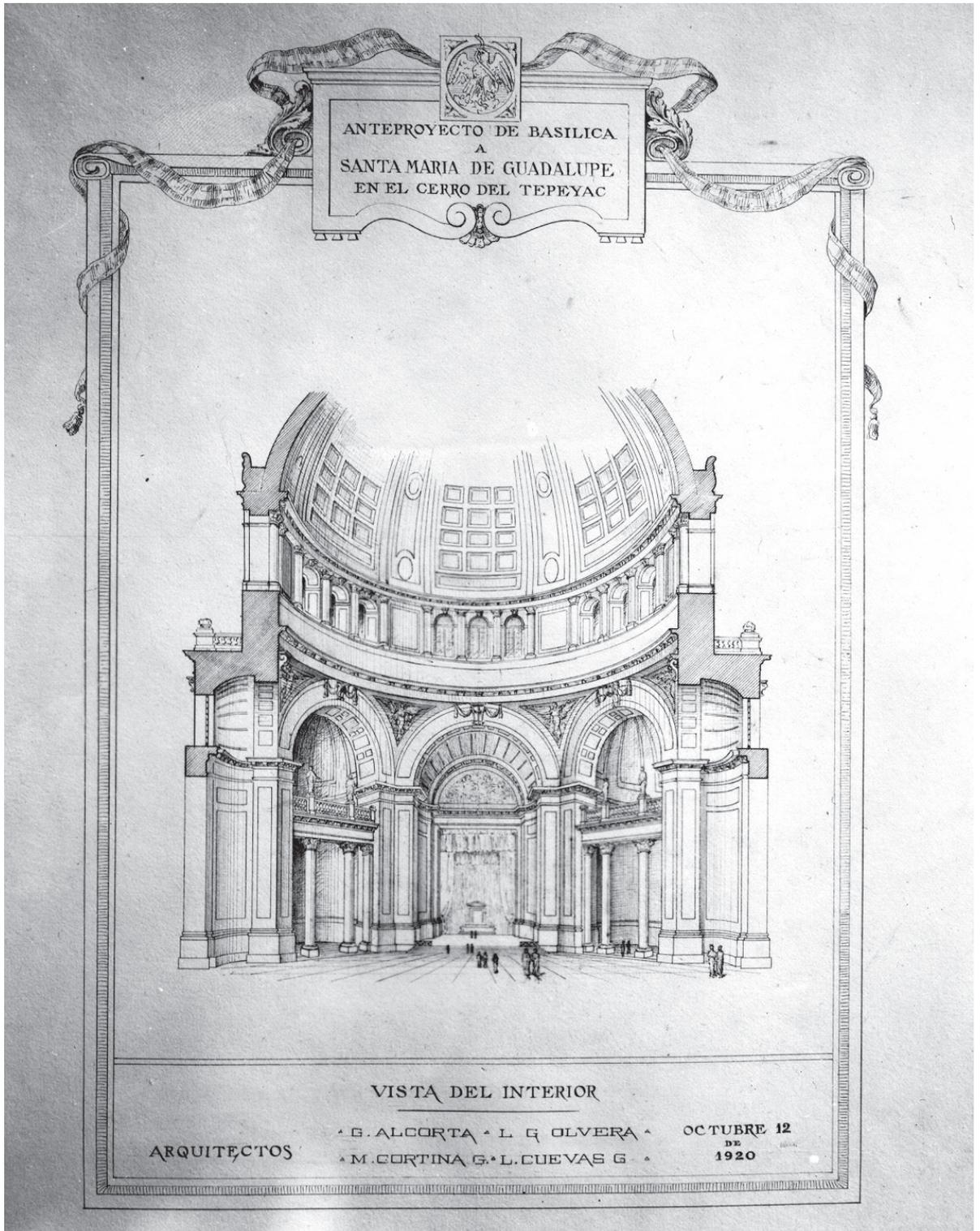


Figura 10. Anteproyecto de basílica a Santa María de Guadalupe, Ciudad de México. Genaro Alcorta, Luis García Olvera, Manuel Cortina, José Luis Cuevas, 1920 (Archivo Manuel Cortina García, carpeta 42, expediente 1).

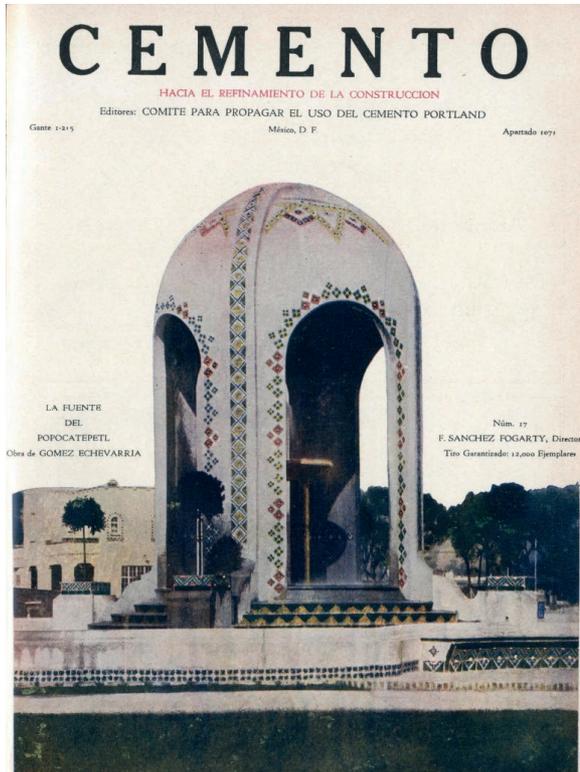


Figura 11. Fuente de agua en la plaza Popocatepetl. (Cemento 1927, v.17: portada).

La máquina es móvil y de tamaño reducido, pesando unos 250 kilogramos, lo que permite su colocación sobre cualquier andamio.

La resistencia a la compresión... no menos de tres veces mayor que las hechas a mano, lo que permite emplear mezclas más pobres... economía del material.

El hormigón lanzado de esta forma endurece mucho más rápidamente que apisonado, lo que permite un mejor aprovechamiento de la madera de los encofrados (Construcciones en cemento... Excélsior 1922, 6).

Si bien se describía el proceso, se planteaba su uso como revestimiento para la protección de estructuras metálicas ante la oxidación, sin mencionar las posibilidades estructurales que abría el uso de la técnica para la construcción de membranas de concreto armado pues la que abriría esas posibilidades se estaba construyendo justo ese mismo año.



Figura 12. Estación del ferrocarril escénico del Parque Chapultepec. Un gran ferrocarril para los niños de México (Cemento 1928, v.24: 9).

Más adelante, en 1927, *Cemento* publicaba un pequeño gazebo contenedor de la fuente de agua en la plaza Popocatepetl de la colonia Insurgentes-Condesa diseñada por el arquitecto José Gómez Echeverría (Figura 11).¹³ En el lugar es fácil distinguir los nervios de refuerzo que, desde la base, se cruzan en la parte más alta de la estructura esférica cuyo espesor es de 10 centímetros. Aunque no actúa como membrana, se suma a las propuestas en las cuales se formaba mano de obra en la construcción de moldes con formas curvas para el colado del concreto.

El arquitecto trabajó para los urbanizadores Basurto y De la Lama en el desarrollo de la colonia Insurgentes-Condesa y anunciaba su trabajo en la realización de bancas, candelabros y fuentes de piedra artificial y azulejo remitiendo al público, justamente a la estructura con la fuente. Fue el proyectista de la estación del Ferrocarril Escénico de Chapultepec del cual saldría un trencito para niños, una obra con 250 m² y de relevancia en el imaginario mexicano. Las imágenes publicadas dejan ver el trazo poligonal de los refuerzos evidentes en el extradós y el interior de la cubierta (Figura 12). De las estructuras por las cuales Gómez Echeverría fue responsable destaca la propuesta de la “sombriilla” realizada en el jardín de una casa debido al equilibrio de la cubierta de doble curvatura (Figura 13).

Un paso interesante casi al final de la década se dio con la construcción de una gran bóveda como segunda etapa de la fábrica de focos Águila Nacional a cargo del arquitecto húngaro Imre (en México

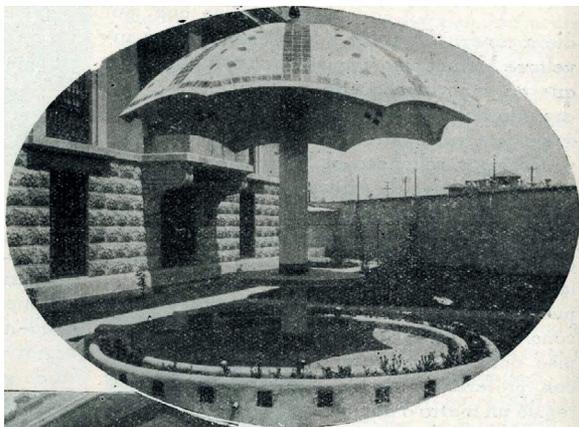


Figura 13. sombrilla de concreto armado en un jardín de la Colonia del Valle. (*Cemento* 1928, 25: 12).

llamado Américo) Schwartz.¹⁴ La notable estructura tenía 20,50 metros de claro libre, con diez centímetros de espesor en la clave y cinco en la imposta, con tensores cada cuatro metros (Figura 14). La nota en *Cemento* comentaba:

Tal sistema de techos es muy recomendable para fábricas, talleres, garajes, hangares, etc., tanto por su economía como por su acondicionamiento, pues no teniendo columnas para sostenerlo, deja dispuestos grandes espacios libres. Este sistema de techos requiere tan sólo dos muros laterales, los cuales pueden ser, a su vez, ser sustituidos por columnas y prolongar considerablemente la superficie bajo techo (Un nuevo edificio... 1929: 19).

La configuración con tensores remite a la bóveda de Christiani & Nielsen en Brasil, aunque naturalmente, surgen interrogantes acerca de este joven arquitecto emigrado a México en 1922, justo cuando se decidió la construcción del planetario con el cual surgía la patente Zeiss-Dywidag (Szente-Varga 2008). El reportaje de la bóveda sumamente rebajada, lo cual la haría depender de los tensores de acero, no indica si había correspondencia entre estos y arcos de refuerzo en el intradós que parecen distinguirse en la imagen del reporte.

Un cuarto de siglo de proyectos y construcciones en concreto armado habían producido experiencia en el diseño y la construcción con el material mientras la Ciudad de México se expandía notablemente y se difundían propuestas de teatros al aire libre.

LA PRIMERA CÁSCARA DYWIDAG Y EL PRIMER ESCENARIO CUBIERTO EN UN TEATRO AL AIRE LIBRE EN MÉXICO

Pasarían casi diez años después de construido el teatro al aire libre en La Condesa hasta que, en Polanco, bajo la propuesta urbana del arquitecto Enrique Aragón Echeagaray, fuera construida la cáscara acústica del teatro Ángela Peralta. Un artículo firmado por el arquitecto entre el material promocional de la nueva colonia publicado en un periódico de circulación nacional indicaba:

Dos son las normas o derroteros que han servido de base para cristalizar los diversos trabajos que se emprenden en esta zona: primero buscar la verdad arquitectónica en la construcción de todo elemento, ya se trate de los principales como la bocina, el obelisco y el reloj palomar o de las farolas y bancas... En todos ellos se emplean los materiales y sistemas constructivos modernos, principalmente el concreto armado aparente, máxima expresión de la arquitectura actual y segundo, se realizan todas las construcciones en la mayor proporción posible de sus escalas.

...la nueva zona contará con una bocina para grandes festividades musicales y con el escenario mayor que exista en México (Aragón Echeagaray 1938).

En una entrevista Raúl Basurto afirmaba que para finales de abril de 1938 estarían terminadas todas las obras de urbanización. Indicaba que mucho del arbolado para el parque había sido traído de los Estados Unidos y comentaba que la bocina sería de concreto y "...por su forma y tamaño será el primero de la América Latina y uno de los más grandes del mundo". Las imágenes de los escenarios al aire libre, así como los logros de los ingenieros contemporáneos, demuestran que no era exagerada la afirmación del promotor.

Una carta del ingeniero Ulrich Finsterwalder al departamento tributario de Wiesbaden (7 de febrero de 1933, Bavarian Industrial Archive, Munich) se refiere a un titular de la licencia Zeiss-Dywidag en México con apellido Rebolledo.¹⁵ Hasta ahora no hay modo de saber si era Miguel Rebolledo, quien en el periodo 1901-1914 fue agente del sistema Hennebique para México, tampoco si haría uso efectivo de la patente alemana. Su nombre no aparece entre quienes hicieron posible el diseño y construcción

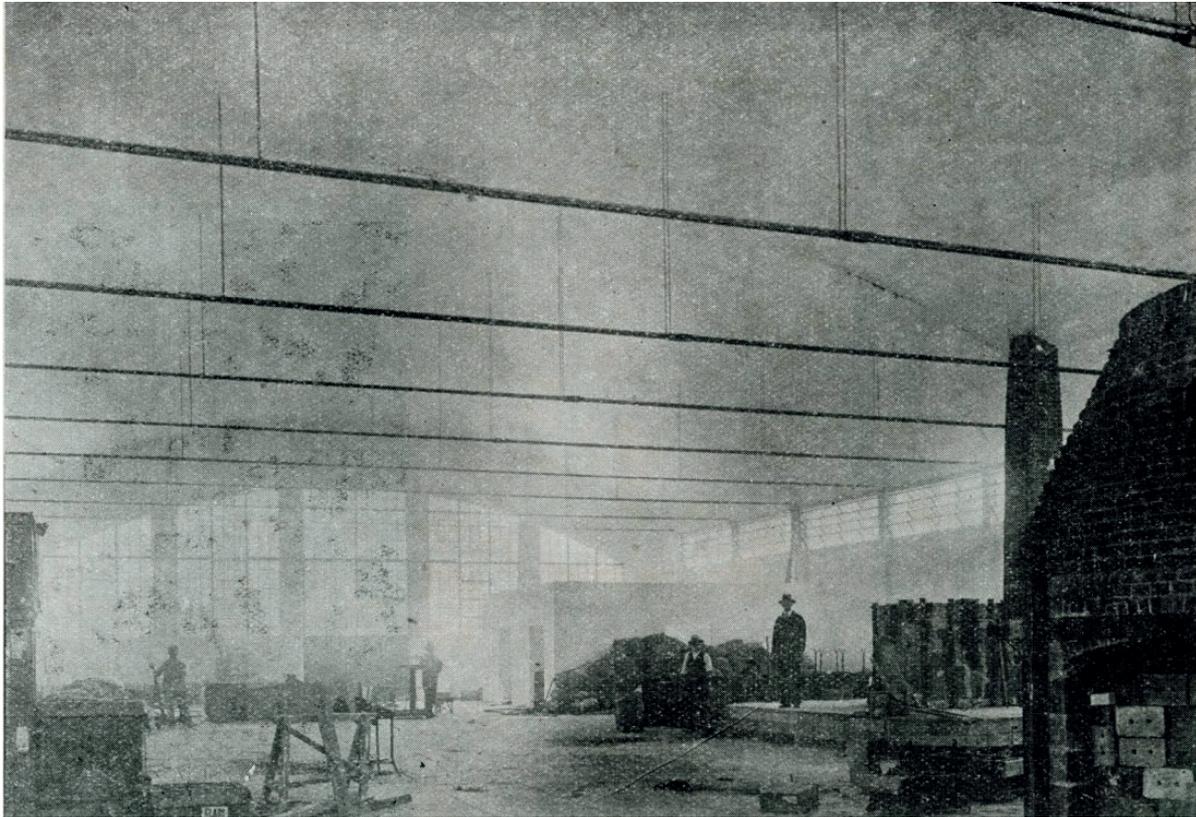


Figura 14. Nave industrial de la fábrica de focos Águila Nacional, arquitecto Imre (americano) Schwarz (Cemento 1929, 28: 21).

de la estructura en Polanco. Para 1933 Anton Tedesko estaba en los Estados Unidos, promoviendo la construcción de cáscaras delgadas y específicamente en la granja modelo de la exposición en Chicago. El nexo con los urbanizadores mexicanos ocurriría, entonces, mediante la firma Roberts & Schaefer, de Chicago, compañía constructora con experiencia en concreto armado fundada en 1905 que representó la patente alemana de Dyckerhoff & Widmann a partir de 1932 (Melaragno 1991, 192). Rebolledo, entonces, no debió ejercer su licencia, presumiblemente concedida directamente por la empresa alemana, dado que la construcción del escenario se relacionó con los contratistas americanos.

Uno de los ingenieros estructurales de la firma, Eric C. Molke y su presidente John E. Kalinka, quien había contribuido con el viaje de Anton Tedesko a Chicago, se refieren en 1938 a la cáscara semiesférica de 69 pies (21 metros) de diámetro interno y $3\frac{1}{4}$ pulgadas (8,25 centímetros) de espesor como

cubierta para orquesta, próxima a terminarse en México (Molke y Kalinka 1938, 704). La semiesfera era para entonces una de sus dos experiencias en la construcción de cáscaras delgadas de doble curvatura; la otra era el ya referido Planetario Hayden en Nueva York con sus poco más de 24 metros.¹⁶

Una imagen de la estructura en construcción permite ver el encofrado del arco de rigidez para el borde de la membrana cuya delgadez no puede apreciarse en la obra terminada, como tampoco en la media esfera neoyorkina y apenas se intuye en Schwalbach debido a la esbeltez del arco que rigidiza la membrana. En la imagen de la obra en Polanco contrasta la forma en preparación para el colado del concreto armado con el muro de ladrillos que conforma los espacios complementarios al escenario (Figura 15). La cáscara del Teatro Angela Peralta sobrepasaba por un metro a la bóveda industrial construida por Imre Schwarz. Mucho después de su construcción, Tedesko señalaría el proyecto como autoría del arquitecto Leonardo Lazo.



Figura 15. La cáscara en el teatro Ángela Peralta en febrero de 1938. Foto: Museo Archivo de la Fotografía (MAF 004102-001).¹⁷

La delgada membrana con 21 metros todavía era en 1954 por Anton Tedesko como parte de la difusión internacional de este tipo de estructuras ligeras. La versión publicada de su conferencia incluye una foto del encofrado de la obra, que indica al pie “Band shelter, México; Francisco Lazo Archt., Roberts & Schaefer Engrs.” (Tedesko 1954, 105).¹⁸ Si se compara el encofrado de la obra en México con una de las experiencias inmediatamente anteriores, el Planetario Hayden, puede observarse que en ambas fue muy similar en la alternancia de listones de madera con disposición a modo de espina de pez. Sería, entonces, parte de las adaptaciones de la construcción en América al sistema Zeiss-Diwidag (Figuras 16).

La empresa contratista fue FyUSA, Fomento y Urbanización S.A., compañía que tenía en su haber edificios como el antiguo Palacio Federal de aquella ciudad (1928-1929), la Escuela Industrial “Álvaro Obregón” (1928-1930), el Hotel Monterrey (1931),

el mercado Martínez de la Torre en la Ciudad de México (1934) y algunas de las llamadas escuelas monumentales de Monterrey durante la segunda mitad de la década (Lupercio Cruz 2015). La empresa tenía experiencia con la construcción en acero y con concreto armado. Tal vez la estructura semiesférica fuera un acercamiento por parte de los directivos de la compañía para introducir las cáscaras de concreto armado en el país. No puede dejar de mencionarse que la construcción ocurrió diez años antes que los primeros ensayos de Félix Candela y que un objetivo importante en sus diseños fue liberar sus cáscaras de arcos de borde para dejar expuesto su mínimo espesor. Si bien se trata de formas muy distintas, pues los diseños anticlásticos fueron un desarrollo muy posterior a las sinclásticas de la década de 1930, otra hubiera sido la historia de las grandes membranas de concreto armado en México.

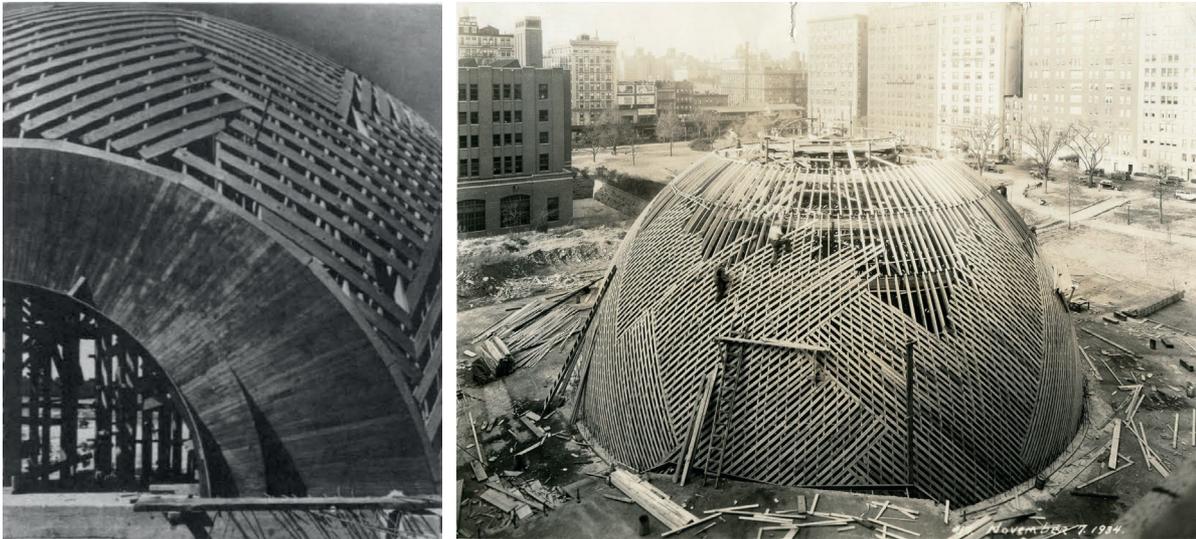


Figura 16. Detalle del encofrado del escenario del Teatro Ángela Peralta en 1938, Ciudad de México (Tedesko 1954, Figura. 7); Encofrado del Planetario Hayden en noviembre de 1934, Nueva York. Foto LinkedIn.¹⁹

CONCLUSIONES

La modesta dimensión de la cubierta semiesférica en Polanco contrasta con los grandes logros en Europa y en los Estados Unidos en bóvedas y cúpulas, pero fue parte del proceso de difusión internacional de las cáscaras delgadas de concreto armado y con particular interés por las formas sinclásticas. Es un antecedente a lo que serían otras de su mismo género en México y a la experimentación con formas anticlásticas en la década 1950. Además de ser el primero de los escenarios cubiertos entre los teatros al aire libre construidos hasta el momento, pudo ser la referencia para otros teatros al aire libre que se construyeron después en otras ciudades.

El costo del encofrado suele ser la causa del reducido número de construcciones con cúpulas delgadas de concreto armado. Por ser de doble curvatura, es decir, por ser superficies no desarrollables, tienen una ventaja en cuanto a su resistencia estructural, ya que el esfuerzo necesario para su deformación es mayor que en una bóveda de cañón, por ejemplo, pero el encofrado necesario para su construcción suele ser más caro. No sólo más difícil de producir, sino que no es una forma práctica de construcción, ya que el encofrado no se reutiliza por secciones como en otras

formas. A pesar de eso, se construyeron otras estructuras con secciones esféricas sobre los escenarios en el parque Las Américas, Mérida, Yucatán, proyectado por Manuel y Max Amabilis, realizado entre 1943 y 1945. Su forma es bastante similar y también una estructura la rodea, en este caso una pérgola de concreto armado, con una imagen más ligera que en su antecedente en la Ciudad de México. Siendo más permeable visualmente y con la leve inclinación del arco de borde es posible apreciar mejor la forma y lo delgado de la cáscara.

De lo anterior y del propio desarrollo de diversas formas de membranas, la década de 1950 fue escenario experimental para estructuras, tanto curvas como láminas plegadas, por parte. La identificación de diseñadores, constructores y obras específicas es un antecedente, más allá de las realizaciones y el conocimiento desarrollado en contextos internacionales, para obras que definen una era en Latinoamérica protagonizada por grandes innovaciones y logros estructuras con carácter escultórico. Su surgimiento y desarrollo creció abonado por experiencias, bibliografía y noticias llegadas desde todas partes. La cáscara semiesférica en Polanco es un buen cruce de encuentro de esos caminos. De ahí buena parte de su valor.

NOTAS

- 1 Sobre este último caso véase Silva (2016).
- 2 El primer encuentro de Dischinger con Walther Bauersfeld provocó un cambio de rumbo decisivo en su carrera. Bauersfeld había desarrollado para la empresa Carl Zeiss, con sede en Jena, una máquina para proyectar el cielo estrellado, así como una red de varillas que permitiría construir una superficie de proyección con una forma semiesférica cercana al ideal. Se dirigió a la empresa Dyckerhoff & Widmann, Dywidag, donde trabajaba Dischinger con el objetivo de construir una estructura de prueba con esa forma que resistiera a la intemperie. El ingeniero jefe de la empresa en Núremberg, August Mergler, propuso el sistema para cerrar la red de varillas. Sobre esta combinación de aportes se construyó entre 1922 y 1923 un planetario experimental de 16m de diámetro en la azotea del edificio 11 de la fábrica de Zeiss, la cual alcanzaría fama mundial como estructura fundadora del moderno método de construcción de cáscaras. Dischinger comenzó entonces a desarrollar una teoría matemática para las mismas y de ahí el nombre del sistema Zeiss-Dywidag.
- 3 El taxidermista Carl E. Akerley inventó el Sistema entre 1907 y 1911 para reparar grietas en el Field Museum of Natural History, antiguo Palacio de Bellas Artes de la Exposición Colombina de 1893: "...I thought it would be possible to make an apparatus that would spray a liquid concrete on the side of a building, and it worked. The result was that some friends financed the manufacture of the air spray, and today it has a very large and important commercial use" (Davison 1927,125).
- 4 El proceso de construcción aparece descrito en Saliklis y Billington (2003, 283).
- 5 Aunque el Museo había comenzado a planear "una sección astronómica" en 1925, para 1930 el Planetario Adler de Chicago era el único en el hemisferio occidental. Fue visitado por más de 1,2 millones de personas atraídas por la feria mundial *A Century of Progress* en 1933-1934. Uno de sus visitantes fue Charles Hayden quien, entusiasmado con la experiencia, a los pocos meses donó un proyector Zeiss de última generación como contribución a que hubiera un planetario en Nueva York (Celebrating Charles Hayden's).
- 6 Agradezco la primera información de esta obra al Dr. Roland May (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg) y la confirmación de las fechas y fotos de la capilla en obras al Dr. Fernando Lúquez Cíntano en Juanicó.
- 7 Sin embargo, desde 1933 hubo reclamos publicados en la *Revista de Ingeniería* de Uruguay, por parte de los constructores locales ante la competencia con las empresas extranjeras.
- 8 Obras construidas por Geopé, Compañía General de Obras Públicas S.A., filial de la alemana Philipp Holzmann en Argentina, Brasil y Uruguay, por Siemens-Bauunion, además de contratistas locales (Bóvedas cáscara de cemento portland 1943).
- 9 En la Dirección de Antropología se hizo el proyecto para el Palacio Municipal de San Martín de la Pirámides (Gamio 1979, V. 1, lámina XXII b). Ignacio Marquina publicó, como parte de su participación en el estudio dirigido por Gamio, en su informe sobre la Arquitectura Contemporánea, un "Proyecto de fachada y plano de habitación adecuada a las condiciones del valle de Teotihuacan (Gamio 1979, V.5, lám. 102).
- 10 Véase: <https://mediateca.inah.gob.mx>. Fotos 3A271638 y 3A275255. Acceso el 27 de septiembre de 2023. Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- 11 Siguiendo a Lourdes Díaz, Iván San Martín ha señalado a Álvaro Aburto, Juan Segura, Vicente Urquiaga y Ernesto Buenrostro (San Martín 2020, 214).
- 12 Véase: <https://mediateca.inah.gob.mx>. Foto 3A106771. Acceso el 1 de diciembre de 2023. Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- 13 La pequeña estructura sería publicada como parte del mobiliario urbano de la colonia en "El cemento portland" en la revista *Cemento* (1928, 21: 24-25).
- 14 La primera etapa de la fábrica estaba ubicada en la calle Aluminio 295 de la Ciudad de México. La nueva fábrica de focos Águila Nacional, S.A. 1928. *Cemento*, 21: 34-35.
- 15 Agradezco por este dato al doctor Roland May (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg).
- 16 El escenario del Hatch Memorial Shell en Boston, según Proyecto arquitectónico de Richard J. Shaw y cálculos de Maurice Reidy, de Roberts & Schaefer Co., fue señalado por Tedesco en 1954 pero no por Molke y Kalinka en 1938 puesto que una obra posterior realizada entre 1939 y 1940.
- 17 Disponible en: https://www.facebook.com/mafmuseum/posts/1451228078403675/?locale=ar_AR. Museo Archivo de la Fotografía, 6 de julio de 2020. Archivo MAF 004102-001: Fraccionamiento Polanco Chapultepec, 11 de febrero de 1938. Acceso el 5 de diciembre de 2023.
- 18 Agradezco al doctor Ignacio Cardona (Wentworth Institute of Technology) haberme facilitado el artículo.
- 19 Véase LinkedIn: Dywidag. https://www.linkedin.com/posts/dywidag_history-over150yearswithdywidag-infrastructureprojects-activity-6793094966659964928-muIn?utm_source=share&utm_medium=member_deskt. Acceso el 30 de septiembre de 2023.

LISTA DE REFERENCIAS

- Anciens aérodromes. Villacoublay, 19 de mayo de 2015. Acceso el 6 de octubre de 2023, <https://www.anciens-aerodromes.com/?p=17628>
- Aragón Echegaray, Enrique. 1938. El fraccionamiento 'Chapultepec-Polanco', *El universal*, 3 de enero, primera sección.
- Atlas General del Distrito Federal. 1992. Edición Facsimilar. Ciudad de México: Centro de Estudios de Historia de México Condumex.
- Billington, David P. 2000. Anton Tedesko and Thin Shell Concrete Structures, Transferring Technology from Europe to America: Cases in Concrete Thin Shells and Prestressing, *Sartonia*, v. 13: 47-72.
- Bóvedas cáscara de cemento portland. 1943. Buenos Aires: Instituto del Cemento Portland Argentino.
- Breslau (Alemania). 1929. *Cemento* 31, septiembre: 24-25.
- Cassinello, Pepa. 2015, Félix Candela ¿arquitecto o ingeniero? En *Ingenieros Arquitectos*, editado por Navacué Palacio, Pedro y Bernardo Revuelta Pol, 73-84. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Celebrating Charles Hayden's Legacy. 2020. *Rotunda*, 45 (1): 12-13.
- Construcciones en cemento por medio de proyección de aire comprimido. 1922. *Excelsior*, 19 de noviembre: 6.
- Cuevas, José Luis. 1922-1923. Proyecto general de fraccionamiento Terrenos del Jockey Club de México. *Anuario 1922-1923*. Sociedad Mexicana de Arquitectos.
- Davison, F. Trubee. 1927. Akeley, the inventor, *Natural History*, XXVII (2): 124-129.
- Dischinger, Franz. 1936. Les surfaces portantes dans la construction en béton armé, Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, Zweiter Kongress. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn: 711-723.
- Fierro Gossman, Rafael. 2011. El teatro Ángela Peralta, *Polanco: Las transformaciones de un barrio*, 23 de marzo. Acceso el 12 de diciembre de 2022. <http://polancoayeryhoy.blogspot.com/2011/03el-teatro-angela-peralta.html>
- Figueroa, Gabriella; Mbise, Thomas y Margaret Owensby. The Leipzig Market Hall. The Evolution of German Shells: Efficiency in Form. Department of Civil and Environmental Engineering, Princeton University. Acceso el 12 de abril de 2022. <http://shells.princeton.edu/Leipzig.html>
- Freitas, Maria Luiza de. 2011. *Modernidade concreta: as grandes construtoras e o concreto armado no Brasil, 1920 a 1940*. São Paulo: Universidade de São Paulo. Acceso el 14 de octubre de 2023. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16133/tde-13012012-140118/es.php>
- Freyssinet, Eugène. 1923. Hangars à dirigeables en ciment armé, *Le génie civil*, LXXXIII-12: 265-273.
- Gamio, Manuel. 1979. *La población del valle de Teotihuacan*. México: Instituto Nacional Indigenista, 1979 (edición facsimilar).
- Hangars d'aérodromes: un patrimoine aéronautique méconnu. Le hangar «Freyssinet». Acceso el 6 de octubre de 2023. <https://hangars.anciens-aerodromes.com/?p=89>
- Hilnes, Eric M. y David P. Billington. 2004. Anton Tedesko and the introduction of thin shell concrete roofs in the United States, *Journal of Structural Engineering*, 130 (11): 1639-1650. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2004\)130:11\(1639\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2004)130:11(1639))
- Katzman, Israel. 1963. *Arquitectura contemporánea mexicana: precedentes y desarrollo*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Lupercio Cruz, Carlos Alejandro. 2015. *La arquitectura posrevolucionaria del noreste de México (1917-1940)*, Monterrey, Centro de Documentación y Archivo Histórico de Nuevo León de la UANL.
- May, Roland. 2012a. Schalenkrieg: ein Bauingenieur-Drama in neun Akten. *Beton und Stahlbetonbau*, 107 (10): 700-710.
- May, Roland. 2012b. Shell Wars: Franz Dischinger and Ulrich Finsterwalder. En *Nuts & Bolts of Construction History: Culture, Technology and Society*, editado por Robert Carvais, A. Guillerme, V. Nègre, J. Sakarovitch, vol. 3: 133-141. Paris. Picard. <https://doi.org/10.1002/best.201200035>
- May, Roland. 2015. Shell Sellers: The International Dissemination of the Zeiss-Dywidag System, 1923-1939. En *5th International Congress on Construction History*, editado por Donald Friedman, Brian Bowen, Thomas Leslie y John Ochsendorf, vol. 2, 557-564. Chicago: Construction History Society of America.
- Melaragno, Michele. 1991. Significant Examples of Concrete Shells in the Twentieth Century. En *An Introduction to Shell Structures: The Art and Science of Vaulting*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold: 143-194. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0223-1_7
- México tendrá en breve un gran teatro al aire libre que está siendo construido en el fraccionamiento de La Condesa", *El universal*, 13 de enero de 1928.

- Miller Outdoor Theatre, Past and Present. Acceso el 28 de septiembre de 2023. <https://www.milleroutdoortheatre.com/past-and-present/>
- Molke Eric C. y John E. Kalinka. 1938. Principles of Concrete Shell Dome Design, *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings 34, n° 5: 649-707. <https://doi.org/10.14359/8473>
- Morgan, Dudley R. y E. Stefan Bernard. 2017. A Brief History of Shotcrete in the Underground Industry, *Shotcrete*: 24-29. Acceso el 14 de octubre de 2023. https://shotcrete.org/wp-content/uploads/2020/05/2017Fal_Morgan-Bernard.pdf
- Naumburg Orchestral Concerts. Detailed History. Acceso el 3 de octubre de 2023. <https://naumburgconcerts.org/history>
- Newson, Charles. 1920. An example of modern dome construction, *The Builder*, 118 (4017): 182-183. <https://doi.org/10.1056/NEJM192008051830622>
- Nuevo sistema de edificios en la capital, *Excelsior*, 24 de febrero de 1928: 10.
- Rodríguez del Campo, Alfonso. 1921. La futura basílica de Guadalupe deberá ser de arquitectura azteca o zapoteca o maya, *El universal*, 1 de febrero: 15.
- Saliklis, Edmond P. y David P. Billington. 2003. Hershey Arena: Anton Tedesko's Pioneering Form, *Journal of Structural Engineering*, 129 (3): 278-285. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2003\)129:3\(278\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:3(278))
- San Martín, Iván. 2020. Los teatros al aire libre en México. De la estrategia comercial al triunfo ideológico. En *Tránsitos e intervalos de lo privado y lo público: Arquitectura y ciudad del Movimiento Moderno en México*, coordinado por Iván San Martín Córdova y Alejandro Leal Menegus, 209-232. México: Documentación y Conservación del Movimiento Moderno (Docomomo México).
- Schalengewölbe System Zeiss-Dywidag*. 1931. München: Dyckerhoff & Widmann.
- Silva Contreras, Mónica. 2016a. *Concreto armado, modernidad y arquitectura en México: El sistema Hennebique 1901-1914*. México: Universidad Iberoamericana.
- Silva Contreras, Monica. 2016b. "Bóvedas cilíndricas de concreto armado: el contexto del diseño, construcción y falla del Mercado de la Merced, 1953-1957". En *Segundo Coloquio Mexicano de Historia de la Construcción*. Mérida, Yucatán.
- Szente-Varga, Mónica. 2008. Inmigrantes húngaros en México y la formación de una colonia húngara. *Dimensión Antropológica*, vol. 43, mayo-agosto: 57-86. Acceso el 14 de octubre de 2023. <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=2328>
- Tedesko, Anton. 1954. A Shell Review. *Proceedings of a Conference on Thin Concrete Shells*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology: 99-110.
- Un nuevo edificio de concreto armado obra del Arq. A. Schwarz. 1929. *Cemento*, 28: 19-21.
- Water and Power Associates. The Hollywood Bowl. Acceso el 5 de octubre de 2023. https://waterandpower.org/museum/Early_Views_of_the_Hollywood_Bowl.html
- Wright, Eric Lloyd. 2000. The shells my father built, *Los Angeles Times*, 17 de septiembre. Acceso el 12 de octubre de 2023. <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-2000-sep-17-op-22436-story.html>

Mónica Silva Contreras es doctora en Arquitectura, profesora en el área de teoría e historia del Departamento de Arquitectura, Urbanismo e Ingeniería Civil de la Universidad Iberoamericana, en la Ciudad de México.

Citar como: Silva Contreras, M. 2023. The first thin shell of reinforced concrete with double curvature in Mexico within its functional and constructive context. *Revista de Historia de la Construcción* 3: 99-118. <https://doi.org/10.4995/rdhc.2023.20548>.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7565-1479>.

Copyright: 2023 SEDHC. Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.