

Cylindrical shells in Colombian architecture in the 20th century

Jorge Galindo-Díaz

Universidad Nacional de Colombia, Manizales (Colombia)
School of Architecture and Urbanism

Galindo-Díaz, J. (2018). Cylindrical shells in Colombian architecture in the 20th century. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 36-50. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2057>

<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2057>



Architect, Universidad del Valle, Cali (Colombia).

PhD in Architecture, ETSAB, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (España).

Associate Professor, School of Architecture and Urbanism, Universidad Nacional de Colombia.

<http://orcid.org/0000-0001-8407-8347>

jagalindod@unal.edu.co

Resumen

Desde 1946 se empezaron a diseñar en Colombia láminas cilíndricas como solución de cubierta para edificios industriales, principalmente, replicando formas estructurales empleadas desde los inicios del nuevo siglo en Europa y Estados Unidos. Este artículo describe y analiza los primeros tres proyectos de importancia construidos en el país (mercado de Girardot, estación de autobuses y sede de Volkswagen en Bogotá) donde se emplearon láminas cilíndricas haciendo uso de ingeniosos recursos constructivos; se considera como hipótesis que esta iniciativa buscaba aprovechar tanto las ventajas técnicas como espaciales que ellas brindaban, dentro de una visión integral de la relación entre arquitectura, construcción y estructura. Como herramienta de investigación cualitativa se aplicó un análisis de la información planimétrica disponible, contrastada con los edificios que todavía se conservan. Las conclusiones demuestran la manera en que este tipo de estructuras, con sus atributos y limitaciones, se convirtieron en un recurso común en la arquitectura colombiana de la segunda mitad del siglo XX.

Palabras clave: arquitectura colombiana siglo XX, bóvedas de membrana, construcción civil, diseño de proyecto, edificios industriales, ingeniería arquitectónica.

Cylindrical shells in Colombian architecture in the 20th century

Abstract

In 1946, cylindrical shells began to be designed in Colombia as a roof solution for industrial buildings, mainly replicating structural forms used in Europe and the United States since the beginning of the 20th century. This article describes and analyzes the first three projects of importance in Colombia, in which cylindrical shells were used through ingenious constructive resources. It defends the hypothesis that this initiative sought to take advantage of both the technical advantages and spatial attributes of these shells with a comprehensive view on the relationship between architecture, construction, and structure. Using a qualitative research method, available planimetric information was analyzed, and contrasted with buildings that are still standing and in service. The conclusions demonstrate how this type of structures, with their attributes and limitations, became a common resource in Colombian architecture in the second half of the 20th century.

Keywords: Colombian architecture, 20th century, membrane vaults, civil construction, project design, industrial buildings, architectural engineering.

Estruturas laminares cilíndricas na arquitetura colombiana do século XX

Resumo

A partir de 1946, na Colômbia, teve início o desenho de estruturas laminares cilíndricas como solução de cobertura para prédios industriais, principalmente, replicando formas estruturais usadas desde princípios do novo século na Europa e nos Estados Unidos. Este artigo descreve e analisa os três primeiros projetos mais relevantes construídos no país (mercado de Girardot, estação de ônibus e sede da Volkswagen em Bogotá), nos quais foram usadas estruturas laminares cilíndricas com a ajuda de engenhosos recursos construtivos. Considera-se como hipótese que essa iniciativa buscava aproveitar tanto as vantagens técnicas quanto espaciais que elas brindavam, dentro de uma visão completa da relação entre arquitetura, construção e estrutura. Como ferramenta de pesquisa qualitativa, foi utilizada uma análise da informação planimétrica disponível, contrastada com os prédios que ainda estão conservados. As conclusões demonstram a maneira em que esse tipo de estruturas, com seus atributos e limitações, se converteu em um recurso comum na arquitetura colombiana da segunda metade do século XX.

Palavras-chave: arquitetura colombiana século XX, membrana, construção civil, desenho de projeto, prédios industriais, engenharia arquitetônica.

Received: April 18 / 2018

Evaluated: June 18 / 2018

Evaluated: June 23 / 2018

Introduction

This article is a result of the research project entitled “Laminar concrete structures in Colombian architecture in the 20th century: Tradition and innovation,” which aims to identify the formal and construction characteristics of membranes designed and built in the country during a period of twenty years starting in 1946, by Colombian professionals with a knowledge of what was happening in the context of international architecture and, particularly, in the field of structural systems, seeking to cover large areas with reinforced concrete shells or reinforced ceramics, with minimum thickness and low own weight.

In particular, the paper will examine covers formed by sets of thin cylindrical shells, a structural type that Torroja (1957) would describe a few years later as “totally new,” which consists of placing “the cylindrical shell on rigid arches or transverse walls spaced and located according to the directrices, that is, without the necessity of supporting it on the starting generatrices” (p. 120).

The hypothesis defended here is that such cylindrical sheets—also called barrel shells (Billington, 1965) and membrane vaults (Bonnely, 1942, Bonnely, 1945, Bóvedas membrana, 1950), dipteral vaults (Torroja, 1957), beam vaults (García, 2017) or laminar beams (Villazón, 2001)—were a technological resource used by Colombian architects and engineers since, in addition to their advantages in the optimization of materials used in construction, they simultaneously created a light and waterproof deck plan in the upper part, and a false ceiling on the lower side. The complex thus formed became a determinant of the configuration of the living space, and a dominant factor in the architectural image of the whole building.

How was the relationship between project and construction in buildings that used this structural system? What structural analysis tools were available and how did they influence the results obtained? What technical-constructive resources were used by architecture and engineering professionals to materialize them? These are the most relevant research questions formulated in this paper in light of the above mentioned hypothesis.

From the most outstanding examples of this type of structures in Colombia, three projects have been chosen as an object of study for this

paper: the market in Girardot (1946-1954), designed by the German architect Leopoldo Rother, and two buildings in which Guillermo González Zuleta participated as a structural engineer: a bus terminal in Bogotá (1950-1951), demolished today, and the headquarters of the Volkswagen Group (1954-1955), also in Bogotá. Although these buildings have been reviewed in the historiography of Colombian architecture (Arango, 1989; Niño, 2003, mainly), there is no record of studies that were based on construction and structural considerations.

It is important to note that after the construction of the last mentioned building, the use of cylindrical roof shells spread throughout the country, during a period of time that lasted until the last years of the 1980s, evidenced in important examples that include the headquarters of the Inter-American Housing Center (CINVA, for its initials in Spanish)¹ (1953) in Bogotá; the Hippodrome of Techo (1953-1955), also in Bogotá; the Civic Center in Barranquilla (1955), the La Libertad stadium in Pasto (1955), the market building in Buga (1960), the prison in Popayán (1962), and the courthouse in Cúcuta (1988), among many others.

Methodology

The research method used in this paper was of qualitative nature, based on archival research that recorded and analyzed planimetric information about the projects under study, which was complemented with an analysis of historic photos from the period and direct visual inspection of the constructed buildings, when possible. The original plans of the Girardot market are currently in the INVÍAS Fund of the General Archive of the Nation, while those corresponding to the bus terminal and the Volkswagen headquarters are in the Guillermo González Zuleta Fund of the Archive of Bogotá. Photographs of these last two buildings can be found in various issues of the journal *Proa*.

Based on the information gathered during the research, a descriptive and comparative analysis was carried out that focused on the following aspects: the geometrical and dimensional characteristics of cylindrical shells used in each building, connections between them and support systems, construction materials used in their construction, and mechanisms for the evacuation of rainwater put into practice. Regarding the limitations of the study, there are aspects not addressed in this text that could be developed at a later stage and are

¹The headquarters of the Inter-American Housing Center (CINVA) were built on the premises of the Universidad Nacional de Colombia, and today it houses the university's School of Architecture.

considered important; these are: analysis of the conservation state, analysis of the mechanical behavior under current conditions, and characterization of their constituent materials.

The first part of the article briefly explains the mechanical behavior of cylindrical shells in order to fully understand the challenge involved in their design and construction at a time when no sophisticated calculation methods existed. Subsequently, the paper describes their origin in the context of international architecture and explores technological links between developments produced by Colombian architects and engineers and the rest of the world in the field of laminar structures. Finally, and prior to the discussion section and conclusions, it presents a description of the aforementioned buildings based on the methodology described.

Results

Geometry, mechanical behavior, and the construction of cylindrical shells

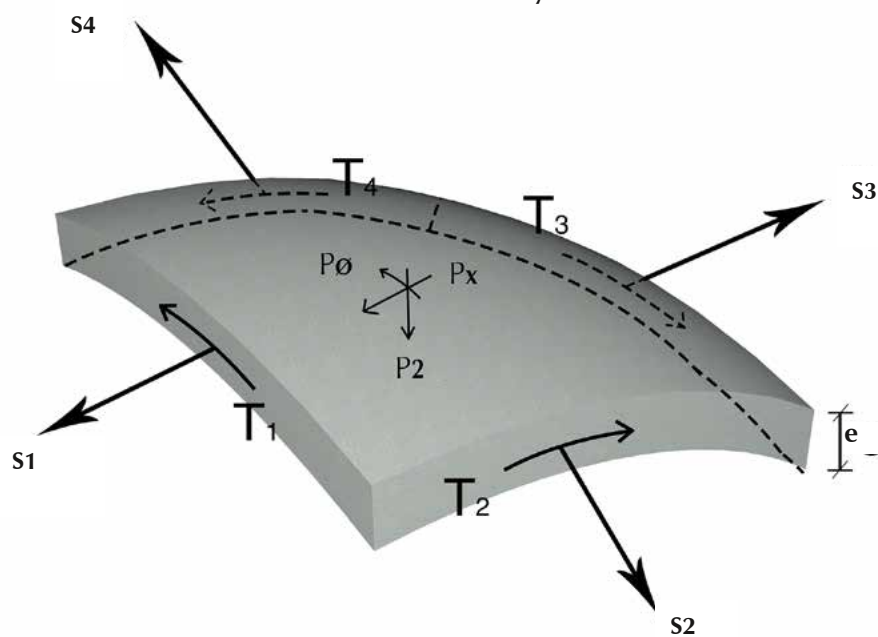


Figure 1. Two-dimensional stresses considered in membrane-type structures
Source: Laura Henao, 2018, CC BY.

In essence, laminar structures are those whose geometry corresponds to a thin and continuous surface, where two of its dimensions predominate over the dimension of thickness; their behavior is based on the fact that all internal stresses are normal, be they traction or compression, and tangential. For this to occur, the load that acts on the structure must preferably be “uniformly distributed and should not present sudden variations or punctual loads” (Morales, 2009, p. 940), in such a way that its mechanical resistance is considered a virtue of its form.

In general terms, laminar structures (also called active surface structures) can be classified into three groups (Engel, 1970): without curvature (folded sheets, for example), with simple curvature (like the cylindrical shells studied here), and with double curvature (as in the case of hyperbolic paraboloids). In the case of singly curved shells, their structural behavior can be explained in light of the membrane theory, which assumes that all stresses are tangent to the shell and are evenly distributed in its thickness (Candela, 1951), in such a way that only two-dimensional stresses are developed along its surface (Salvadori & Heller, 1966). Flexural rigidity and shear stiffness are negligible, as is resistance to compression (Figure 1).

In the particular case of simple cylindrical shells, with horizontal and symmetrical axes, and according to specialized literature (Billington, 1965), they can be differentiated into short and long according to their support conditions and structural behavior. Thus, the so-called short ones are those that rest on their longitudinal edges (or generatrices) and have a ratio $r/L > 0.6$ (where r is the interior radius of the directrix and L is the length of the membrane), while the long ones, at a ratio of $r/L < 0.6$ (ASCE, 1952), rest on their ends (or on the lines of the generatrices) and exhibit a similar behavior to a beam (Figure 2a).

In any case, cylindrical shells should not be confused with vaults, despite similarities in their

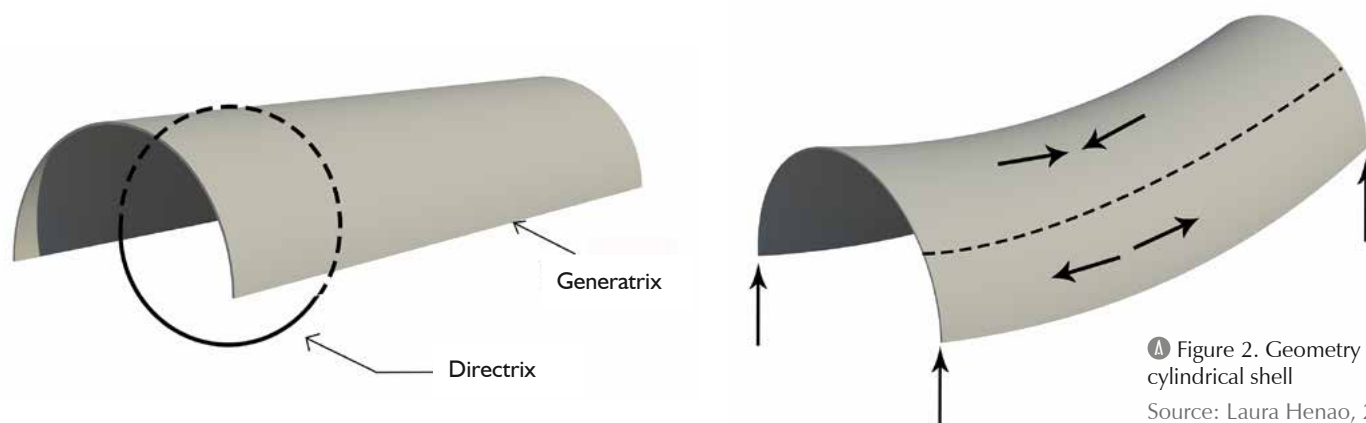


Figure 2. Geometry and behavior of a cylindrical shell
Source: Laura Henao, 2018, CC BY.

shape, since both have a different mechanical behavior (Torroja, 1957). The behavior of vaults is based on the interconnection of parallel arcs that transmit the same stress on continuous supports under the generatrices; they are usually constructed with materials resistant to compression and their thickness can sometimes be considerable. On the other hand, cylindrical shells behave in a similar way to longitudinal prismatic beams, although characterized with a curved profile and reduced thickness, and are capable of covering large spans without continuous lateral supports and with a predominance of bending stresses.

Thus, when a cylindrical shell comes under load, even under the action of its own weight, the generatrices get deformed, curving in such a way that the area located in the lower part of the shell works with tension and the upper part works with compression (Figure 2b). If the thickness of the shell is small in relation to its length, this flexion is reduced and has little influence on its general behavior.

From the point of view of construction, cylindrical shells can be made of reinforced concrete or reinforced ceramics. In both cases, the manufacturing process follows the same sequence: formwork (from straight molds since it is a developable surface), reinforcing (continuous or reticular depending on whether it is in concrete or ceramics, respectively), concreting (complete or on the small beams in the same cases), and uncasing. Depending on the number of shells and their dimensions, it can be a repetitive or simultaneous process, where it is possible to reuse the molds, which always implies savings in the quantity of constituent materials.

Genesis of cylindrical shells

The origin of cylindrical shells in the first decades of the 20th century is closely related to the advances made by the German company Dyckerhoff & Widmann AG (Dywidag), under the guidance of two of its most prominent engineers: Franz Dischinger and Ulrich Finsterwalder (Stegmann, 2009), responsible for calculating the first thin roofs in reinforced concrete: the Zeiss Planetarium in Jena² (1922), which had a circular plan with a 25 m radius and a spherical shell thickness of 6 cm (Figure 3); the market in Frankfurt am Main (1927), where each cylindrical vault covered a surface area of 50 x 17 m, and the market in Leipzig (1929), that had two twin domes on octagonal layouts with a diameter of 65.8 m, among others (May, 2012).



Thanks to the first of these projects, Dischinger obtained—jointly with his partner in this work, Walther Bauersfeld—the patent that ended up being known as the “Zeiss-Dywidag system of thin roof shells” (Billington, 2013) or “Z-D system.” In this case, steel bars were arranged following tension trajectories, with specially located reinforcements in the corners and other singular regions subjected to stresses. The diffusion of this system in the following years was due to a well-planned commercial strategy that led Dywidag to build laminar structures in several European countries, and even in Latin America: subsidiaries of this German company based in Uruguay and Argentina built at least seven concrete membranes in the period between 1929 and 1933, either through direct contracting or through technical consulting during the construction process. In any case, between 1923 and 1939, the systems patented by Dywidag were used in at least 35 countries, and reached more than 280,000 m² of covered area (May, 2015).

In the specific field of the structural analysis of cylindrical shells, the works of Knud W. Johansen (1944) and Hegel Lundgren (1949) were added to those developed by Dywidag engineers. Lundgren made use of classical equations in the analysis of beam bending in order to determine longitudinal tensions, and combined them with an analysis of the arc-shaped part of the structure to find the value of transverse bending moments. This same principle was used by Félix Candela in the design of his first long cylindrical shell for the roof of the

Figure 3. Dome in Jena (1922), by Dyckerhoff & Widmann AG
Source: Cassinello, Schlaich & Torroja (2010).

² While the Jena dome is often considered a pioneer in the field of thin shell structures, recent studies (Picon, 1997) mention some preceding cases, such as the cover of the Bercy-Paris station, built by the French engineer S. Boussiron in 1910. A detailed review of the first editions of the journal *Le béton armé*, through which the Maison Hennebique promoted constructions developed in several countries of the world that made use of its system, allows recognizing the earliest experiences in the field of laminar structures, including the dome over the Brunner banking house in Brussels (1900), the dome of the Museum of Egyptian Antiquities in Cairo (1900) during some years, and the hemispheric dome of the Courthouse at Sousse, in Tunis (1907); all of them made known through this publication. These examples did not yet have an effective and reliable structural

Almacén Pisa in 1951 (Martínez & Echeverría, 2017), as well as by the Uruguayan engineer Eladio Dieste in calculating several of his membranes built in reinforced ceramics since 1959 (Cabeza & Almodóvar, 1996). Similarly, this calculation system was still used in the structural design made by August Komendant for the Kimbell Art Museum, designed by Louis Kahn in 1972 (Buonopane & Osanov, 2015).

In Colombia, interest in laminar structures was manifested early and especially in the academic field at the Universidad Nacional, as evidenced by articles published since 1939 in the journal *Ingeniería y Arquitectura*, printed publication of the university's Faculty of Engineering, where both professors and students, as well as international guests participated with articles. Thus, the first note on the subject published in the journal was written by the Dominican engineer Rafael Bonnelly, who aimed to find "practical formulas that facilitate the rapid design of membranes, to overcome thus the limitations imposed by patents" (Bonnelly, 1942, p. 18), which then restricted knowledge about the calculation of cylindrical shells.

His explanation was developed based on the case of a semi-cylindrical vault in reinforced concrete of 84 m long, 40 m wide, and 7.5 cm thick, for which values of inertia moment, stresses, and the section of steel bars were determined through a simplified, but mathematical process. Three years later, Bonnelly would submit to the journal *Ingeniería y Arquitectura* a detailed and illustrated review of a laminar vault built by himself in Santo

Domingo, which verified in practice his theoretical appreciations (Bonnelly, 1945).

His explanation was developed based on the case of a semi-cylindrical vault in reinforced concrete of 84 m long, 40 m wide, and 7.5 cm thick, for which values of inertia moment, stresses, and the section of steel bars were determined through a simplified, but mathematical process. Three years later, Bonnelly would submit to the journal *Ingeniería y Arquitectura* a detailed and illustrated review of a laminar vault built by himself in Santo Domingo, which verified in practice his theoretical appreciations (Bonnelly, 1945).

Another sign of academic interest in the calculation of laminar structures in Colombia is manifested through a series of studies translated into Spanish by Professor Julio Carrizosa and published in *Ingeniería y Arquitectura* (Pucher, 1943a, 1943b). These articles divulged in the country the methods developed by the German engineer Adolf Pucher, who, in addition to having worked for Dywidag, would be well known in Latin America for his textbook on reinforced concrete (Pucher, 1958), used in the training of civil engineers.

For his part, in 1944, Henry Cornelissen, engineer and professor at the Universidad Nacional, described in the same journal new modes of analysis for cylindrical shells, based on two outstanding methods for the solution: those of Dr. U. Finsterwalder and Dr. F. Dischinger, respectively, "given that today the calculation of these structures is too complicated and laborious for engineers not specialized in this area" (Cornelissen, 1944, p. 5). As examples, the author mentions the roofs of the Budapest Market Hall (1931), with membranes of 41.5 m span length, 12 m width and 6 cm thickness, designed by Finsterwalder, and the Hershey Arena, designed by the engineer Anton Tedesko (1936) in the United States. The article's bibliography included authors such as Dischinger, Finsterwalder, Moltke and Kalinka, Schorer, Tedesko and Timoshenko, all of great influence in the field of calculation of reinforced concrete membranes.

In addition to academic publications, the physical presence of the Spanish engineer Eduardo Torroja in the Colombian context was very important, who stayed in Bogotá for five days in 1952. On that occasion, he gave several conferences, among which one was entitled "Doubly and simply curved laminar roofs" (Escobar & Cárdenas, 2006), in which he explained the mechanical principles of cylindrical vaults, among other things.

Figure 4. Frontón Recoletos (1935), Madrid, por Eduardo Torroja
Source: Cassinello, Schlaich y Torroja (2010).



By then, many of the buildings designed by Torroja were already recognized by the international community, among which his project of a recessed dome with a curvature radius of 44.1 m and a thickness of 9 cm for the Algeciras market (1934) stands out. However, his most famous project would be the roof for the La Zarzuela Racecourse (1935) in Madrid, equipped with double curvature shells, without ribs, that extends 12.7 m from the support towards the track, with 5.3 m width in each of its modules and a thickness of 5 cm at the end of the cantilever. Additionally, in the field of cylindrical vaults, his design for the roof of the Frontón Recoletos stands out, also in Madrid, designed with two semi-cylindrical lobes of simple curvature, in reinforced concrete (García, 2017).

In this last project, which unfortunately was partially destroyed during the Spanish Civil War, Torroja had deliberately eliminated the possibility of constructing a thick prismatic beam under the line where the two laminar vaults were joined (Figure 4). In his words, "if there exists a longitudinal beam, it is constituted by the same shell, which, leaving behind the narrow mechanical frame of prismatic pieces, develops a resistance process that is much more complex and complete, but no less defined" (Torroja, 1936, p. 4).

After the Second World War, cylindrical shells were extended throughout the United States and Europe as a roofing solution for industrial buildings, warehouses, vehicle exhibition halls and sports venues, among others, with a special care in their geometric form, the way of their support, and the construction process, giving rise to a singular typological variety (García & Osuna, 2009). This phenomenon coincides with an interest aroused by this design in engineers and architects in Colombia, who already had the mathematical apparatus necessary for its structural calculation, and who aimed to develop an experimental work in the construction field in order to achieve practical and versatile structures at a low cost.

It is no coincidence that the interest of Colombian professionals in the design and construction of light roofs with large spans came at a time when the country was beginning an industrialization process in its most important cities. Such situation made it necessary to design new spaces with good lighting and ventilation conditions, but without intermediate supports that would hinder the equipment, and especially at a low cost so that its construction would be viable.

Case studies in Colombian architecture

The interest in laminar structures has already been demonstrated in the academic context of the Universidad Nacional de Colombia, which was manifested in articles written by foreign professors and collaborators who worked at the university; however, in the field of practice, the first constructions of this type were slow and progressive.

Thus, it is known that between 1942 and 1946 the architect José María Montoya Valenzuela and the engineer Fausto Galante built vaults in reinforced concrete to cover the chapel of the Minor Seminary of Bogotá, but its influence in the local and national context was limited. It was the German architect-engineer Leopoldo Rother who would make the first attempt to take advantage of the benefits of flat or slightly curved laminar structures, as evidenced by two separate projects for the Universidad Nacional de Colombia: the Alfonso López Stadium (1937) and the headquarters of the Printing House (1945), today Museum of Architecture (Niño, 2003; Pinilla, 2017).

It is also worth mentioning Rother's design for the Laverde Building (1943) in Bogotá, whose roof finish was developed using an undulating cover constructed from membranes that were most likely made of reinforced concrete (Devia, 2006). In addition, in his project for the National Building of Barranquilla (1945), it is clear the use of short cylindrical shells as a roofing solution (Arango, 1989), calculated by the engineer Guillermo González Zuleta. These two professionals were responsible for the first building covered with cylindrical shells in the country: the Girardot market.

The Girardot market

Designed by Leopoldo Rother starting from 1946, its construction was completed in 1954. It counted with the collaboration of José Antonio Parra, calculating engineer, and Guillermo González Zuleta, supervising engineer, who graduated from the Universidad Nacional de Colombia in 1941. It is a building conceived as a large horizontal plane that provides shade for market vendors protecting them from solar radiation, almost without the presence of enclosing walls, which allows the air to circulate freely through the building (Figure 5).

The structural elements are clearly inscribed in a mesh with orthogonal axes separated by 7 m in one direction and 2.5 m in the other; these



Figure 5. Current view of the Girardot market
Source: Laura Henao, 2018, CC BY.

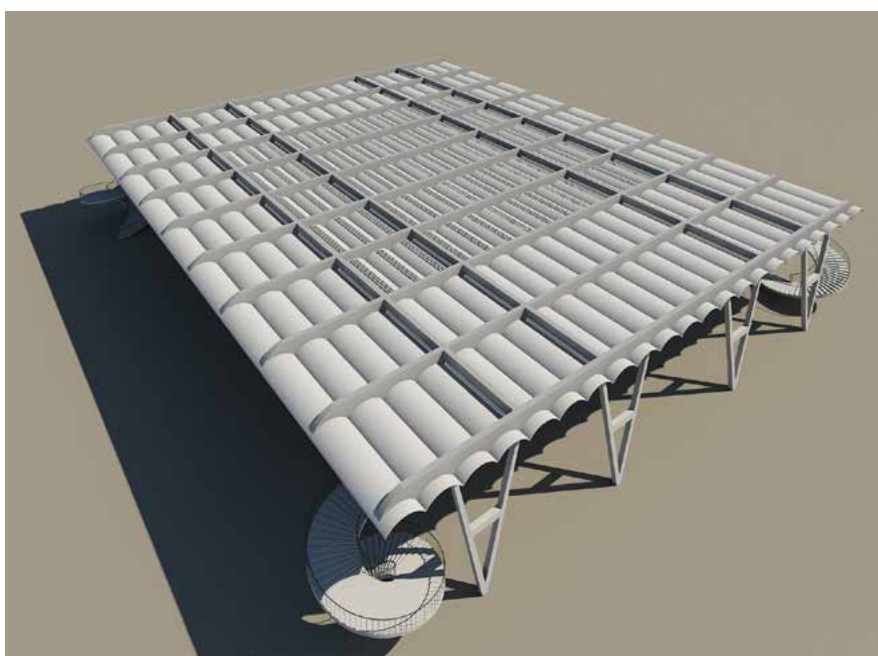


Figure 6. Digital reconstruction of the roof, top view
Source: Laura Henao, 2018, CC BY.

measurements correspond to the dimensions of the roof shells and wooden formwork elaborated without auxiliary equipment.

In effect, the roof plan is formed by 198 cylindrical shells that are 7 m long, 2.5 m wide, 5 cm thick with a 60 cm depth, called here “membranes” by their designers (Rother, 1967). In their longest direction, each of the 22 rows of membranes aligns 9 shells in such a way that, for the observer, they acquire a continuous length of 63 m. This is achieved through a simple but effective resource: a design called “invisible beam” by Rother himself, which is nothing else than a prismatic concrete piece from where each cylindrical shell hang, and which embraces them on the upper surface of their ends.

In turn, each of the 10 invisible beams reaches a length of almost 55 m and a height of 70 cm counted from the highest point (or “crest”) of the

membranes. The upper edge of these beams is horizontal, while the lower is wavy and it extends to the valley formed between the shells, where it reaches a total height of 1.3 m. The width of the beams is always 40 cm, and in the transverse direction they are connected by section braces of 25 x 50 cm, separated by 7.5 m from each other, without getting into contact with the membranes. At the ends, the beams adopt a curved profile, which prevents them from poking over the edge of the roof plane (Figure 6).

Each beam is supported on a total of 8 inclined columns arranged in a V-shape, which accentuates the transparency of the building and allows the viewer to understand the light character of the structure.

Although the traditional historiography describes them as concrete structures, Rother (1984) —in the book about his father’s work— explains how, faced with difficulties inherent in the calculation of this type of structures, it was necessary to build scale models³ that were subjected to load, opting for hollow bricks as a lightening system to achieve membranes with a thickness of 5 cm.

Finally, the drainage system designed for the roof deserves a special mention. Given that rainwater got accumulated in the valleys between the membranes, it was necessary to design a system of tubular downpipes attached to the V-shaped columns, after giving to the exterior finish of said valleys a slope to conduct the water towards the scuppers. Since not all the valleys coincided with the upper end of a downpipe, horizontal channels crossed the lower part of the membranes over some of the transverse axes, and altered the formal cleaning of the lower face of the roof (Figure 7).

Rother himself (1967) mentioned that the water retained in some of the valleys between the membranes could freely evaporate as a mechanism to preserve a fresh environment inside the market place; he was so concerned that he designed on the crest of the edge membranes a cord of 15 cm high, in order to prevent retained water from overflowing towards the outside wall of the building.

Over the years, deficiencies of the rainwater evacuation system have contributed to the dete-

³ For similar reasons, companies such as Dywidag, or renowned engineers such as Eduardo Torroja or Pier Luigi Nervi, frequently resorted to scale models as tools that allowed verifying stress states and deformation phenomena (Moreno & Fernández-Llebreg, 2017).

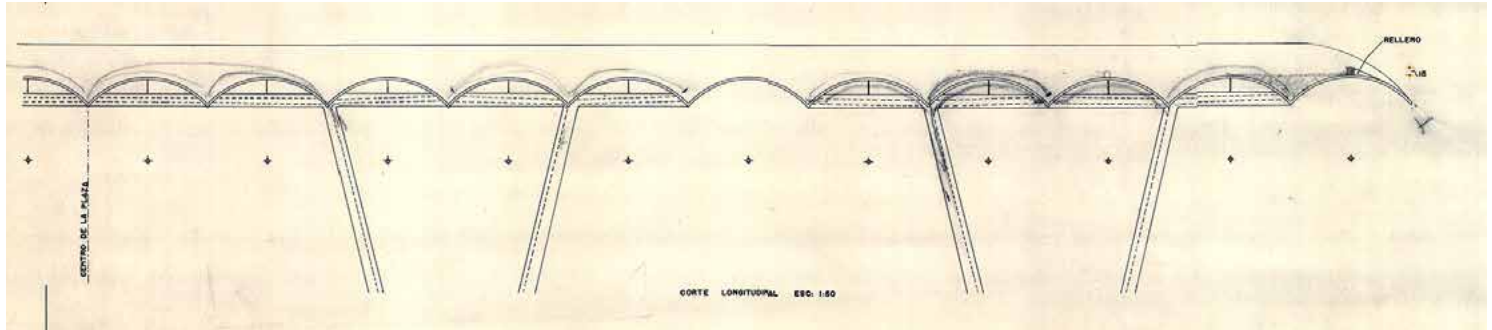


Figure 7. Partial view of the detail of the rainwater evacuation system

Source: Original plan, dated July 27, 1949. General Archive of the Nation, Bogotá. Fund INVÍAS (Mapoteca 1, Planoteca 03, Bandeja 09, Ref. 171).

rioration of the building, and caused pathologies that affect its structural integrity in the long term.

Bus terminal in Bogotá

This building, designed in 1950 by the architects Álvaro Ortega and Gabriel Solano, with structural calculations by Guillermo González Zuleta, was intended to serve as terminal station for the municipal buses of the tram company, located in the city of Bogotá. The same team of professionals had already worked together on the design of the “11 de Noviembre” Baseball Stadium (1947) in Cartagena de Indias, together with the architect Jorge Gaitán Cortés, which displays the first large double-curvature membrane vault in Colombia (Vargas & Galindo, 2015).

The project of this new building demanded several independent buildings (Figure 8) organized around a large maneuvering yard: [a] a two-story office building located on the main facade, [b] a covered area dedicated to fuel supply, [c] washing and greasing area, [d] machinery workshops; and [e] bathrooms and warehouses.

All buildings were constructed using cylindrical roof shells based on a module with a square plan of 4.8 m on each side. Building [a] had two stories and a rectangular plan covered with a single membrane 4.8 m wide and 24 m long, with an 80 cm deflection, built in reinforced ceramics and supported, on its longer sides, on the load walls that constituted the facades. Buildings [b] and [c] were double-height structures with a system of enclosures independent from the roof system, characterized by a set of membranes in series (4 in the first building, 6 in the second) 4.8 m wide and 21.2 m long (corresponding to 19.2 m plus two end cantilevers of 1 m long each).

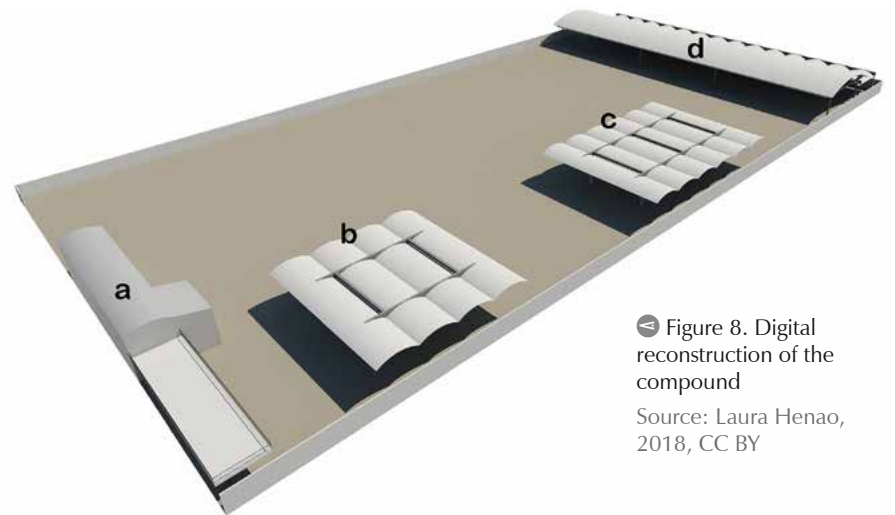


Figure 8. Digital reconstruction of the compound

Source: Laura Henao, 2018, CC BY

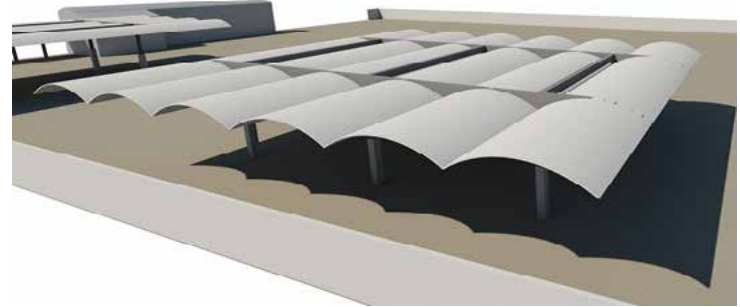


Figure 9. Digital reconstruction of the roof system in building [c]

Source: Laura Henao, 2018, CC BY.

Although in this project the membranes were organized in a similar way to those of the Girardot market, here the cylindrical shells were not placed below invisible beams, but were confined between two of them, which were parallel and separated from each other by a distance of 9.6 m between axes. In turn, transverse joists (2 in the first building, and 3 in the second), spaced by 4.8 m, braced both beams without contact with the membranes in order to leave the valleys free, where rainwater was collected through downspouts attached to circular pillars over square pedestals (Figure 9). In cases when the valley did not coincide with a column where the drainpipe could be attached, a scupper was installed from which a hidden fiber-cement pipe was hanging behind the inner face of the invisible beam, which was joined to the downpipe on the next structural axis.

For its part, the largest roof was the one that covered the workshop area, or building [d],



Figure 10. Digital reconstruction of the roof system of building [d], in the foreground, and of building [e] on the right
Source: Laura Henao, 2018, CC BY.

which was formed by 3 aligned vaults 24 m long and 16 m wide each, supported by cable-stayed arches, which, at the same time, were supported on circular columns with a diameter of 30 cm. The three vaults, identical and continuous, had a deflection of 2 m in height. Next to them, but in a perpendicular sense, there was a set of 14 membranes of lower height that covered building [e], 4.8 m wide and 8 m long, confined at their end walls by edge beams supported on columns (Figure 10). In all cases, waterproofing was achieved, according to the authors of the project, with a lime-based plaster on the upper face of the vaults and direct water discharge on the pavement.

In this project, transversal spans were modest and they were all perfectly modulated, which allowed using mobile wooden frameworks (Villa-zón, 2001) that were light and cheap, and of simple and economic handling. The membranes were constructed in such a way that in the joints (10 and 12 cm thick), between the bricks (of 38 x 23 cm), the armor formed by 3/8" steel bars was arranged in such a way they could work when the concrete had completely hardened. In the valleys between the membranes, thrusts were neutralized by reinforcing them with four 1/4" bars embedded in concrete.

The building not only came to be included in the sample presented by Hitchcock for the Museum of Modern Art in New York in 1955 (Hitchcock, 1955), but also served as an example to illustrate articles such as the one published in the journal *Architectural Forum* (Shell Concrete

4 The preliminary plans signed by B. Violi, which are in the Archive of Bogotá, are dated November 1954, and the construction plans with details of the reinforcements made in González Zuleta's office date from March 1955, folders 101-10-271 and 101-10-272. Given that the number 93 of the journal *Proa* from October 1955 published an article with photos of the building in its final stage of construction, it is clear the brief time invested in its designs.

Today, 1954), which reviewed important projects with laminar structures from around the world, as a summary of the academic event organized on the subject by the Massachusetts Institute of Technology (MIT), in Boston, in June of 1954.

Unfortunately, the building was entirely demolished at the end of the 1970s, but its influence was remarkable: an unsigned article from the journal *Proa* (No. 50, August 1951) recorded photographs of the finished project and was preceded by an editorial note entitled "The binomial architect-engineer," where both kinds of professionals were urged to have a greater dialogue about projects.

The Volkswagen Headquarters

Designed by the Italian architect Bruno Violi, the structural calculations of roof membranes were made by Guillermo González Zuleta.⁴ With its main facade on the important 26th street in Bogotá (a highway that quickly connects the center of the city with the airport), the building occupied an area almost equivalent to a block and was dedicated to accommodate several functions for the Volkswagen headquarters. In spite of the property's irregularities, the structure was organized on a mesh that was close to a module of 6 m, and it was equal to the width of the largest cylindrical roof shells.

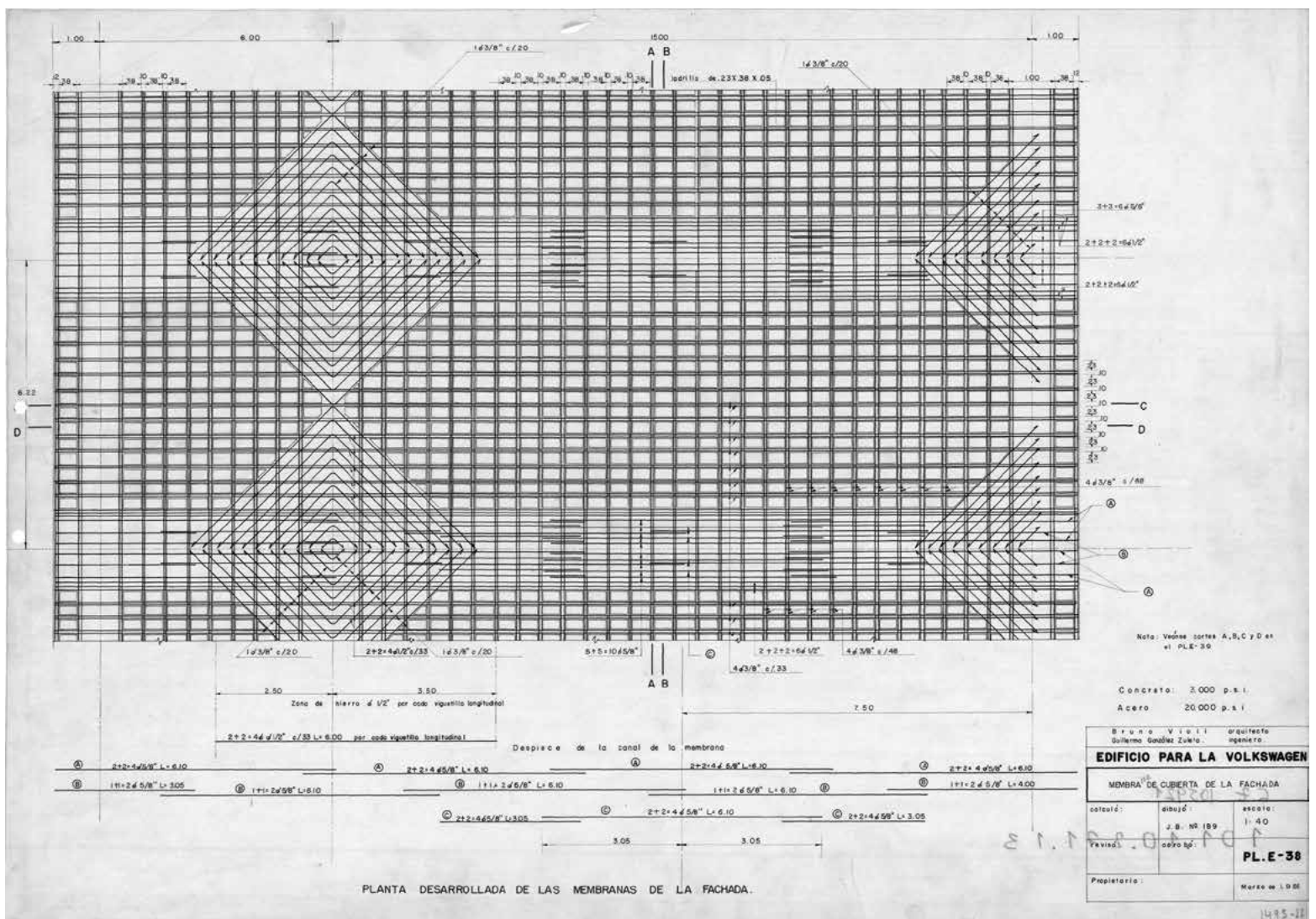
The main body [a] (Figure 11), on the 26th Street, was formed by a two-level structure; the first level had double height: 5.35 m, with a mezzanine on the front, while the second was of 3.2 m high, covered by a set of six circumference-segment membranes of 23 m long, 5.93 m wide, and with a depth of 1.05 m.

Each of these main membranes were supported on three parallel arches of 40 cm wide, supported by a horizontal beam of 15 cm high, in such a way that they formed identical number of axes separated from each other by distances of 6 and 15 m, respectively. At each end, the membranes had a cantilever of 1 m. Its construction was carried out taking into account previous experiences: bricks (5 cm thick and 23 x 38 cm in area) were separated from each other by girders of 10 cm wide that were reinforced with four 3/8" bars. In the areas near the valleys, the entire membrane was made of concrete reinforced with 1/2" bars in the vicinity of ceramic pieces, and with 5/8" bars at the point



Figure 11. Digital reconstruction of the building's structural and roof system

Source: Laura Henao, 2018, CC BY



of membrane inflection. Reinforcements were uniquely arranged in areas where membranes were located above the supporting arches, which constituted a supplementary reinforcement of a square plan with 3/8" bars spaced 20 cm from each other (Figure 12).

The necessity of an optimal drainage system required that membranes extend 50 cm outside the plane of the front and back facades, to allow free transit for the downpipes until the floor level.

Additionally, a reinforced concrete slab was extended towards the back of the property, simultaneously serving as a cover for the areas dedicated to the maintenance of cars and as a parking surface for other cars, which could be reached through a ramp. On the lower side of the plate, supported by circular columns separated from each other by a distance of 12 m, clearly visible prismatic beams were arranged in two directions that formed structural porticos and ended in cantilevers of 3.5 m long on each side.

Figure 12. Detail of reinforcements of the facade membranes

Source: Archive of Bogotá, Plano 101.10.271.13, Fund Guillermo González Zuleta.



▲ Figure 13. Digital reconstruction of the suspended membrane system
Source: Laura Henao, 2018, CC BY.

It is of great interest how two rectangular areas, or building [b], were covered by two sets of membranes. One of them had 9 sinusoidal shells and the other had 8; all of them were 8.8 m long and 4 m wide, with their longitudinal ends confined in an edge beam. While one end of this beam rested on the dividing wall, the other was suspended, by means of concrete columns, from the cantilever of the highest concrete slab, forming a zenith opening between both surfaces through which the air circulated (Figure 13).

In order to further illuminate the space on the first floor, the membranes framed in the moderately suspended structure were constructed with pieces of isolux arranged like structural bricks, following the model proposed by Rother in the central membranes of the Girardot market. The drainage of this series of membranes was achieved through vertical downpipes located in the posterior plane in such a way that water was taken to them through a gentle slope of the surface of the valleys.

Finally, building [c], also destined to car storage, covered its second floor with a series of 8 aligned membranes that ended against an elevated water tank, each 6 m long and 5.93 m wide. As in the previous cases, they were only 5 cm thick.

Discussion

Table 1 presents a comparative look at the three cases studied here, based on the dimensional aspects described.

The analysis of the data collected in Table 1 allows identifying several construction aspects:

- The value of the curvature radius of cylindrical shells was preferably in ranges that would allow a simple setting and layout (between 2 and 4.5 m in most of the cases).
- Membrane width (without resorting to bracing) ranged between 4.8 and 6 m.
- In all cases, thickness (5 cm) was almost certainly determined by the size of the bricks they were built with.
- Length was one of the best used virtues of cylindrical shells (up to 24 m).
- The depth of cylindrical shells exceeded that of traditional prismatic beams, with a minimum investment of materials, low-mass and low own weight.
- In practically all cases, Colombian architects and engineers opted for the construction of long cylindrical shells ($r/L < 0.6$).

Based on the contextualization of the cases studied here, it is possible to deduce that, at the local level, the adoption of the forms of the so-called modern architecture and its international language also implied the assimilation of techniques that allowed that these would become a material reality. This necessarily demanded a process of constructive experimentation that progressively overcame the dimensional limitations of cylindrical shells.

[1] Proyecto	GIRARDOT MARKET	BUS TERMINAL	VOLKSWAGEN HEADQUARTERS		
[2] Construction period	1946-1954	1950-1951	1954-1955		
[3] Covered area	3465 m ²	2130,8 m ²	1630,22 m ²		
[4] Radius (r)	1,68 m	Building [a]	4,5 m	Building [a]	4,9 m
		Building [b]	4,5 m		
		Building [c]	4,5 m	Building [b]	2 m
		Building [d]	16 m	Building [c]	4,9 m
		Building [e]	4,5 m		
[5] Width (w)	2,5 m	Building [a]	4,8 m	Building [a]	5,93 m
		Building [b]	4,8 m		
		Building [c]	4,8 m	Building [b]	4 m
		Building [d]	16 m	Building [c]	5,93 m
		Building [e]	4,8 m		
[6] Thickness (t)	5 cm	5 cm in each case	5 cm in each case		
[7] Length (l)	7 m	Building [a]	24 m	Building [a]	23 m
		Building [b]	21,2 m		
		Building [c]	21,2 m	Building [b]	8,8 m
		Building [d]	24 m	Building [c]	6 m
		Building [e]	8 m		
[8] Depth (e)	60 cm	Building [a]	80 cm	Building [a]	105 cm
		Building [b]	80 cm		
		Building [c]	80 cm	Building [b]	80 cm
		Building [d]	200 cm	Building [c]	80 cm
		Building [e]	80 cm		
[9] Ratio r/l	0,24	Building [a]	0,19	Building [a]	0,21
		Building [b]	0,21		
		Building [c]	0,21	Building [b]	0,23
		Building [d]	0,67	Building [c]	0,82
		Building [e]	0,56		
[10] Construction material	Reinforced ceramics	Reinforced ceramics	Reinforced ceramics		

Table 1. Dimensional attributes of the cylindrical shells in the buildings under study
Source: Own elaboration, 2018.

This process, experimental in its nature, could not be done without the structural analysis methods developed in civil engineering in the first decades of the 20th century; and although construction professionals had to employ a high degree of structural intuition, this cannot be considered as the only tool to achieve new constructed forms. It has been demonstrated that in the country, the teaching of numerical calculation methods was at the service of conception and execution processes developed by Colombian engineers and architects.

It is also observed that, as part of this new technological conceptualization, the notion of

“module” acquired a value that went beyond the aesthetic to become an instrument of rationalization in the construction process: the structural meshes of the analyzed projects demonstrate this, as well as a close relationship between the dimensions of structural axes and their multiples and submultiples, and the size of roof membranes; in turn, the latter was conditioned by the size of the formwork, which had to be reused.

It is interesting to note the importance the concept of a building’s “own weight” was achieving, as well as the attempt to reduce it not only for the sake of its formal appearance (associated with the concepts of lightness and transparency),



Figure 14. Current view of the main grandstand of the Hippodrome of Techo
Source: Own elaboration, 2018, CC BY.

but also as a mechanical aspect that helped to lower construction costs in general. This search allowed, in the Colombian case, adopting the technique of reinforced ceramics as a principle in the execution of cylindrical shells, anticipating other Latin American experiences in this area, and, in particular, the work developed by Eladio Dieste in the south of the continent.

Finally, it is important to emphasize that given that functionality was the dominant factor in the studied cases, and that none of the studied buildings achieved the status of a building-manifest or technological paradigm, the historiography of Colombian architecture has considered them as transitory links in the process of technological innovation, which opened the way to buildings with greater national impact.

Consequently, there was no due attention paid to smaller-scale projects that adopted, among other innovative structural solutions for their time, cylindrical shells as roofing systems. Thus, it is important not to ignore the close relationship that existed between spatial and technical values in projects such as the CINVA headquarters, covered with a laminar vault with an elliptical profile, which was built in 1953 on the premises of the Universidad Nacional de Colombia by the firm Alberto Manrique Martín and sons, following the designs of Ritter and Mejía, with structural calculations by the engineer Carlos Valencia.

The project developed by the architect Álvaro Hermida in collaboration with the engineer Guillermo González Zuleta for the Hippodrome of Techo (1953-1955) was also important, where the roof of the main grandstand is made up of 12 cylindrical concrete shells arranged in parallel above the stands, which reach a length of 66 m and a thickness of $\frac{3}{4}$ " (1.875 cm), confined between a series of porticoes that are 10 m apart from each other (Figure 14).

Beyond the capital, projects such as the building of the new market place in Buga (1960), designed by the local architect Diego Salcedo, took advantage of the climatic advantages of cylindrical shell covers, introducing a modern architectural language with a careful construction quality expressed in the quality of formworks, overhead lighting, and cross ventilation (Figure 15).

Conclusions

The works described and analyzed here demonstrate a close relationship between architectural form, structural system, and constructive rationality in some projects carried out by Colombian architects at the beginning of the second half of the 20th century, which is expressed in cases where covers were conceived based on laminar beams with a circular profile.

A close collaborative work between architects and engineers allowed the construction of build-



Figure 15. Current view of the market place building in Buga
Source: Own elaboration, 2018, CC BY.

ings where technical experimentation was possible based on calculation methods and simplified structural analysis, in addition to a high level of intuition about their mechanical behavior, using materials that ensured an easy execution process at low costs and over a relatively short time period.

The formal results, both in the Colombian and Latin American context, are remarkable. In addition to dimensional characteristics (width, span, thickness), it is important to recognize the achieved spatial richness, where enclosures lose the prominence and importance they had in the preceding architecture, but leaving intact not only the supporting function of the structure, but also a mandate about the general composition of the building. In addition, there was achieved a harmony with the place's climatic conditions (very relevant in the case of the Girardot market), as well as with environmental determinants imposed by use (vehicle workshops, storage areas, etc.).

Once the advantages of this structural system were endorsed, its application was extended

to numerous projects of very diverse scales, although its most significant examples can be found in functional buildings that have not been sufficiently studied, despite being paradigmatic in their conception and development processes. Although in the Colombian context surfaces of double curvature or concrete shells of the hyperbolic paraboloid type were not as frequently used as in Mexico, this probably was due to economic and cultural limitations rather than to a lack in the management and control of their technical aspects.

The lessons for the future offered by this structural design gain importance in a moment when a dissociation of knowledge in the field of architecture and a fracture between design and construction become increasingly more frequent. They are even more useful at present, when computer resources, especially those related to 3D modeling and digital printing, allow resuming the design use of laminar structures with new materials other than concrete or reinforced ceramics, and when professional practice has an increasingly interdisciplinary character.

Referencias

- Arango, S. (1989). *Historia de la arquitectura en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Archivo de Bogotá (1955, marzo). *Edificio para la Wolkswagen* [Plano estructural]. Fondo Guillermo González Zuleta (Plano 101.10.271.13. PL.E-38).
- American Society of Civil Engineers (ASCE) (1952). *Design of Cylindrical Concrete Shell Roofs. Manual of Engineering Practice*, 31. New York: ASCE.
- Billington, D. (1965). *Thin Shell Concrete Structures*. New York: McGraw-Hill.
- Billington, D. (2013). *La torre y el puente. El nuevo arte de la ingeniería estructural*. Madrid: Cinter.
- Bonnely, R. (1942). Bóvedas membranas. *Ingeniería y Arquitectura*, 40, 18-21.
- Bonnely, R. (1945). Bóvedas membranas. *Ingeniería y Arquitectura*, 62, 3-6.
- Bóvedas membranas (1950). *Proa*, 50, 14-18.
- Buonopane, S. y Osanov, M. (2015). Evaluation of August Komendant's Structural Design of the shells of The Kimbel Art Museum. In B. Bowen, D. Friedman, T. Leslie y J. Ochsendorf (eds.), *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. II, pp. 283-290). Chicago: Construction History Society of America.
- Cabeza, J. M. y Almodóvar, J. M. (1996). Las bóvedas de cerámica armada en la obra de Eladio Dieste. Análisis y posibilidades de adaptación a las condiciones constructivas españolas. In: A. De las Casas, S. Huerta y E. Rabasa (eds.), *Actas del primer congreso nacional de historia de la construcción* (pp. 135-142). Madrid: Instituto Juan de Herrera y Cehopu.
- Candela, F. (1951). Hacia una nueva filosofía de las estructuras. In *Memoria del congreso científico mexicano* (vol. V, pp. 87-111). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cassinello, P., Schlaich, M. y Torroja, J. A. (2010). Félix Candela. *In memoriam* (1910-1917). From thin concrete shells to the 21st century's lightweight structures. *Informes de la Construcción*, 62(519), 5-26. Doi: <https://doi.org/10.3989/ic.10.040>
- Cornelissen, H. (1944). Bóvedas membranas de sección circular. *Ingeniería y Arquitectura*, 59, 5-10.
- Devia, M. (2006). *Leopoldo Rother en la ciudad universitaria*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Engel, H. (1970). *Sistemas de estructuras*. Madrid: Blume.
- Escobar, A. y Cárdenas, M. (2006). Hitos y protagonistas. In Asociación colombiana de productores de concreto (ed.), *La construcción del concreto en Colombia* (pp. 44-132). Bogotá: Panamericana.
- García, R. (2017). Láminas cilíndricas en España. El reinicio de la construcción laminar en los años de la posguerra. In S. Huerta, P. Fuentes y I. Gil (eds.), *Actas del décimo congreso nacional y segundo congreso internacional hispanoamericano de historia de la construcción* (vol. II, pp. 669-678). Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/49287/1/INVE_MEM_2017_268257.pdf
- García, R. y Osuna, R. (2009). Cubiertas laminares de hormigón tras la Segunda Guerra Mundial. Soluciones en edificios industriales. In S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragoza (eds.), *Actas del sexto congreso nacional de historia de la construcción* (vol. II, pp. 559-569). Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/45162/1/2009%20Valencia%20Laminares%20industria.pdf>
- General Archive of the Nation (1949, July 27). *Mercado de Girardot* [Planimetry, Longitudinal section]. INVIAS Fund (Mapoteca 1, Planoteca 03, Bandeja 09, Ref. 171). Bogotá.
- Hitchcock, H. R. (1955). *Latin American Architecture since 1945*. New York: MOMA.
- Johansen, K. W. (1944). Skalkonstruktion paa Radiohuset. *Bygningsstatistiske Meddelelser*, (15), 1-26.
- Lundgren, H. (1949). *Cylindrical Shells*. Vol. 1: *Cylindrical Roofs*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Martínez, M. y Echeverría, E. (2017). Las bóvedas cilíndricas y su evolución hacia las cáscaras cilíndricas largas de cubierta de Félix Candela. Análisis geométrico y mecánico. *EGA Expresión gráfica arquitectónica*, 22(30), 160-169. Doi: <https://doi.org/10.4995/ega.2017.7846>
- May, R. (2012). Shell Wars: Franz Disinger and Ulrich Finsterwalder. In R. Carvais, A. Guillerme, V. Nègre y J. Sakarovich (eds.), *Nuts & Bolts of Construction History* (vol. III, pp. 133-141). Paris: Piccard.
- May, R. (2015). Shell Sellers. The International Dissemination of the Zeiss-Dywidag System, 1923-1939. In B. Bowen, D. Friedman, T. Leslie y J. Ochsendorf (eds.), *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. II, pp. 557-564). Chicago: Construction History Society of America.
- Morales, M. (2009). Cubiertas formadas por paraboloides hiperbólicos: ventajas en su funcionamiento estructural y en su construcción. In S. Huerta, R. Marín, R. Soler y A. Zaragoza (eds.), *Actas del sexto congreso nacional de historia de la construcción* (vol. II, pp. 939-945). Madrid: Instituto Juan de Herrera y CEHOPU. Recuperado de http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNH6_20%2888%29.pdf
- Moreno, P. y Fernández-Llebrez, J. (2017). Aportaciones de modelos físicos al desarrollo y construcción de estructuras laminares en el s. XX. In S. Huerta, P. Fuentes y I. Gil (eds.), *Actas del décimo congreso nacional y segundo congreso internacional hispanoamericano de historia de la construcción* (vol. II, pp. 1103-1112). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Niño, C. (2003). *Arquitectura y estado: contexto y significado de las construcciones del Ministerio de Obras Públicas, Colombia, 1905-1960*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Picon, A. (1997). *L'art de l'ingénieur*. Paris: Centre Georges Pompidou.
- Pinilla, M. (2017). *De Prusia a la cuenca del río Magdalena. La tradición clásica fecundada por el trópico en la arquitectura de Leopoldo Rother*. Tesis doctoral. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Pucher, A. (1943a). Sobre la función de tensión en las cúpulas delgadas curvadas de modo cualquiera (parte I). *Ingeniería y Arquitectura*, 50(V), 50-59.
- Pucher, A. (1943b). Sobre la función de tensión en las cúpulas delgadas curvadas de modo cualquiera (parte II). *Ingeniería y Arquitectura*, 53-54(V), 25-30.
- Pucher, A. (1958). *Curso de hormigón armado*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Rother, H. (1984). *Arquitecto Leopoldo Rother, Vida y obra*. Bogotá: Escala.
- Rother, L. (1967). Plaza de mercado de Girardot. *Escala*, 20, 4-6.
- Salvadori, M. y Heller, R. (1966). *Estructuras para arquitectos*. Buenos Aires: Ediciones La Isla.
- Shell Concrete Today (1954). *Architectural Forum*, 101(1), 157-166.
- Stegmann, K. (2009). Early concrete construction in Germany – A review with special regard to the building company Dyckerhoff & Widmann. In K.E. Kurrer, W. Lorenz y V. Wetzl (eds.), *Proceedings of the Third International Congress on Construction History* (pp. 1371-1378). Cottbus: Brandenburg University of Technology.
- Torroja, E. (1936). La cubierta laminar del frontón Recoletos. Manuscrito original perteneciente al Archivo Torroja depositado en el CEHOPU, Madrid. Recuperado de http://www.cehopu.cedex.es/img/bibliotecaD/Cubierta_laminar_fronon_recoletos
- Torroja, E. (1957). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Instituto de la Construcción y el Cemento, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Vargas, H. y Galindo, J. (2015). The construction of thin concrete Shell roofs in Colombia during the first half of the 20th century: The works of the Guillermo González Zuleta (1916-1995). In T. Bowen, D. Friedman, T. Leslie y J. Ochsendorf (eds.), *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History* (vol. III, pp. 525-534). Chicago: Construction History Society of America.
- Villazón, R. (2001). Álvaro Ortega: la arquitectura como acto técnico. *Arquitecturas*, 7(1), 44-45.

ISSN: 1657-0308 (Impresa)
E ISSN: 2357-626X (En línea)

FACULTAD DE DISEÑO

20

Vol.

Nro. 2 REVISTA DE ARQUITECTURA

REVISTA DE ARQUITECTURA VOL. 20 NRO. 2 - 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

- Revista de Arquitectura (Bogotá)
- Vol. 20 Nro. 2 julio-diciembre 2018
- pp. 1-128 • ISSN: 1657-0308 • E-ISSN: 2357-626X
- Bogotá, Colombia

Arquitecto

A Orientación editorial

Enfoque y alcance

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* (ISSN 1657-0308 Impresa y E-ISSN 2357-626X en línea) es una publicación seriada de acceso abierto, arbitrada mediante revisión por pares (doble ciego) e indexada, en donde se publican resultados de investigación originales e inéditos.

Está dirigida a la comunidad académica y profesional de las áreas afines a la disciplina. Es editada por la Facultad de Diseño y el Centro de Investigaciones (CIFAR) de la Universidad Católica de Colombia en Bogotá (Colombia).

La principal área científica a la que se adscribe la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* según la OCDE es:

Gran área: 6. Humanidades

Área: 6.D. Arte

Disciplina: 6D07. Arquitectura y Urbanismo

También se publican artículos de las disciplinas como 2A02, Ingeniería arquitectónica; 5G03, Estudios urbanos (planificación y desarrollo); 6D07, Diseño.

Los objetivos de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* son:

- Promover la divulgación y difusión del conocimiento generado a nivel local, nacional e internacional
- Conformar un espacio para la construcción de comunidades académicas y la discusión en torno a las secciones definidas.
- Fomentar la diversidad institucional y geográfica de los autores que participan en la publicación.
- Potenciar la discusión de experiencias e intercambios científicos entre investigadores y profesionales.
- Contribuir a la visión integral de la arquitectura, por medio de la concurrencia y articulación de las secciones mediante la publicación de artículos de calidad.
- Publicar artículos originales e inéditos que han pasado por revisión de pares, para asegurar que se cumplen las normas éticas, de calidad, validez científica, editorial e investigativa.
- Fomentar la divulgación de las investigaciones y actividades desarrolladas en la Universidad Católica de Colombia.

Palabras clave de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*: arquitectura, diseño, educación arquitectónica, proyecto y construcción, urbanismo.

Idiomas de publicación: español, inglés, portugués y francés.

Título abreviado: Rev. Arquít.

Título corto: RevArq

Políticas de sección

La revista se estructura en tres secciones correspondientes a las líneas de investigación activas y aprobadas por la institución, y dos complementarias, que presentan dinámicas propias de la Facultad de Diseño y las publicaciones relacionadas con la disciplina.

Cultura y espacio urbano. En esta sección se publican los artículos que se refieren a fenómenos sociales en relación con el espacio urbano, atendiendo aspectos de la historia, el patrimonio cultural y físico, y la estructura formal de las ciudades y el territorio.

Proyecto arquitectónico y urbano. En esta sección se presentan artículos sobre el concepto de proyecto, entendido como elemento que define y orienta las condiciones proyectuales que devienen en los hechos arquitectónicos o urbanos, y la forma como estos se convierten en un proceso de investigación y nuevo de conocimiento. También se presentan proyectos que sean resultados de investigación, los cuales se validan por medio de la ejecución y transformación en obra construida del proceso investigativo. También se contempla la publicación de investigaciones relacionadas con la pedagogía y didáctica de la arquitectura, el urbanismo y el diseño.

Tecnología, medioambiente y sostenibilidad. En esta sección se presentan artículos acerca de sistemas estructurales, materiales y procesos constructivos, medioambiente y gestión, relacionados con los entornos social-cultural, ecológico y económico.

Desde la Facultad. En esta sección se publican artículos generados en la Facultad de Diseño, relacionados con las actividades de docencia, extensión, formación en investigación o internacionalización, las cuales son reflejo de la dinámica y de las actividades realizadas por docentes, estudiantes y egresados; esta sección no puede superar el 20% del contenido.

Textos. En esta sección se publican reseñas, traducciones y memorias de eventos relacionados con las publicaciones en *Arquitectura y Urbanismo*.

A Portada: Vista del edificio de la Philharmonie de París, inaugurado en enero de 2015 en el Parc de La Villette. Arquitecto Jean Nouvel.
Fotografía: Andrés Ávila-Gómez (2018, abril)
CC BY-NC



A Frecuencia de publicación

Desde 1999 y hasta el 2015, la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* publicó un volumen al año, a partir del 2016 se publicarán dos números por año en periodo anticipado, enero-junio y julio-diciembre, pero también maneja la publicación anticipada en línea de los artículos aceptados (versión Post-print del autor).

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* se divulga mediante versiones digitales (PDF, HTML, EPUB, XML) e impresas con un tiraje de 700 ejemplares, los tiempos de

producción de estas versiones dependerán de los cronogramas establecidos por la editorial.

Los tiempos de recepción-revisión-aceptación pueden tardar entre seis y doce meses dependiendo del flujo editorial de cada sección y del proceso de revisión y edición adelantado.

Con el usuario y contraseña asignados, los autores pueden ingresar a la plataforma de gestión editorial y verificar el estado de revisión, edición o publicación del artículo.

A Canje

La *Revista de Arquitectura* está interesada en establecer canje con publicaciones académicas, profesionales o científicas del área de Arquitectura y Urbanismo, como medio de reconocimiento y discusión de la producción científica en el campo de acción de la publicación.

Mecanismo

Para establecer canje por favor descargar, diligenciar y enviar el formato: RevArq FP20 Canjes

Universidad Católica de Colombia (2018, julio-diciembre).
Revista de Arquitectura (Bogotá),
20(2), 1-128. Doi: 10.14718

ISSN: 1657-0308
E-ISSN: 2357-626X

Especificaciones:
Formato: 34 x 24 cm
Papel: Mate 115 g
Tintas: Negro y policromía

A Contacto

Dirección postal:
Avenida Caracas No. 46-72.
Universidad Católica de Colombia
Bogotá D.C.(Colombia)
Código postal: 111311

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones (CIFAR).
Sede El Claustro. Bloque "L", 4 piso
Diag. 46ª No. 15b-10
Editor, Arq. César Eligio-Triana

Teléfonos:
+57 (1) 327 73 00 – 327 73 33
Ext. 3109; 3112 o 5146
Fax: +57 (1) 285 88 95

Correo electrónico:
revistadearquitectura@ucatolica.edu.co
cifar@ucatolica.edu.co

Página WEB:
www.ucatolica.edu.co
vínculo Revistas científicas
<http://publicaciones.ucatolica.edu.co/revistas-cientificas>
http://editorial.ucatolica.edu.co/ojsucatolica/revistas_ucatolica/index.php/RevArq





UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

Universidad Católica de Colombia

Presidente
Édgar Gómez Betancourt
Vicepresidente - Rector
Francisco José Gómez Ortiz
Vicerrector Jurídico
Edwin de Jesús Horta Vásquez
Vicerrector Administrativo
Édgar Gómez Ortiz
Vicerrector Académico
Elvers Medellín Lozano
Director de Investigaciones
Edwin Daniel Durán Gaviria
Directora Editorial
Stella Valbuena García

Facultad de Diseño

Decano
Werner Gómez Benítez
Director de docencia
Jorge Gutiérrez Martínez
Directora de extensión
Adriana Pedraza Pacheco
Director de investigación
Hernando Verdugo Reyes
Director de gestión de calidad
Augusto Forero La Rotta

Comité asesor externo
Facultad de Diseño
Édgar Camacho Camacho
Martha Luz Salcedo Barrera
Samuel Ricardo Vélez

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones - CIFAR

REVISTA DE ARQUITECTURA

Arquitectura

Revista de acceso abierto,
arbitrada e indexada

Publindex: Categoría B. Índice Bibliográfico Nacional IBN.

Escí: Emerging Source Citation Index.

Doaj: Directory of Open Access Journals.

Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.

SciELO: Scientific Electronic Library Online - Colombia

Redib: Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

Ebsco: EBSCOhost Research Databases.

Clase: Base de datos bibliográfica de revistas de ciencias sociales y humanidades.

Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Directorio y catálogo).

Dialnet: Fundación Dialnet - Biblioteca de la Universidad de La Rioja.

LatinRev: Red Latinoamericana de Revistas Académicas en Ciencias Sociales y Humanidades.

Proquest: ProQuest Research Library.

Miar: Matrix for the Analysis of Journals.

Sapiens Research: Ranking de las mejores revistas colombianas según visibilidad internacional.

Actualidad Iberoamericana: (Índice de Revistas) Centro de Información Tecnológica (CIT).

Google Scholar

Arla: Asociación de Revistas latinoamericanas de Arquitectura.

Editorial

Av. Caracas N° 46-72, piso 5

Teléfono: 3277300 Ext. 5145

editorial@ucatolica.edu.co

www.ucatolica.edu.co

http://publicaciones.ucatolica.edu.co/

Impresión:

JAVEGRAF

Calle 46A N°82-54 Int. 2

Bogotá, D. C., Colombia

http://www.javegraf.com.co/index.php

Agosto de 2018



Revista de Arquitectura (Bogotá)

Director
Werner Gómez Benítez

Editor
César Eligio-Triana

Editores de sección
A Myriam Stella Díaz Osorio
A Carolina Rodríguez-Ahumada
A Anna María Cereghino Fedrigo

Equipo editorial

Coordinadora editorial
María Paula Godoy Casabuenas
mpgodoy@ucatolica.edu.co

Diseño y montaje
Juanita Isaza
juanisaza@gmail.com

Traductoras
Inglés
Erika Tanacs
etanacs25@gmail.com

Portugués
Roanita Dalpiaz
roanidad@gmail.com

Correctora de estilo
María José Díaz Granados M.
mariajose_dgm@yahoo.com.co

Página Web
Centro de investigaciones (CIFAR)

Distribución y canjes
Claudia Álvarez Duquino
calvarez@ucatolica.edu.co

Comité editorial y científico

A Cultura y espacio urbano

Carlos Mario Yory, PhD
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

Sonia Berjman, PhD
ICOMOS-IFLA, Buenos Aires, Argentina

Juan Carlos Pérgolis, MSc
Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia

Beatriz García Moreno, PhD
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

A Proyecto arquitectónico y urbano

Jean-Philippe Garric, PhD, HDR
Université Paris I Panthéon-Sorbonne. Paris, Francia

Debora Domingo Calabuig, PhD
Universidad Politécnica de Valencia, España

Dania González Couret, PhD
Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba

Hugo Mondragón López, PhD
Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

Juan Pablo Duque Cañas, PhD
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

A Tecnología, medioambiente y sostenibilidad

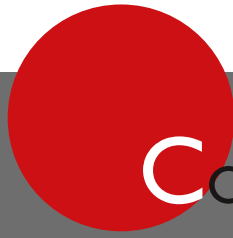
Mariano Vázquez Espí, PhD
Universidad Politécnica de Madrid, España

Denise Helena Silva Duarte, PhD
Universidade de São Paulo (USP), Brasil

Luis Carlos Herrera Sosa, PhD
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

Claudio Varini, PhD
Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia

Luis Gabriel Gómez Azpeitia, PhD
Universidad de Colima. Colima, México



CONTENIDO

Cultura y espacio urbano
Culture and urban space
Cultura e espaço urbano
10-35



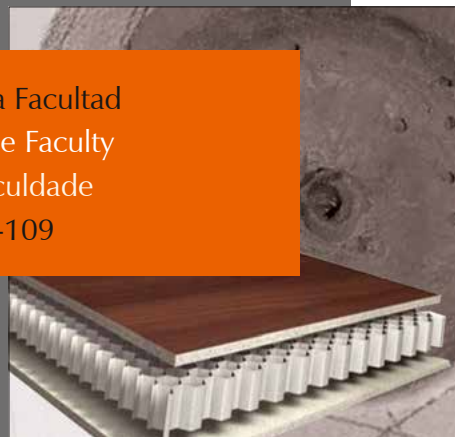
Proyecto arquitectónico y urbano
Architectural and urban project
Projeto arquitetônico e urbano
36-61



Tecnología, medioambiente
y sostenibilidad
Technology, environment and sustainability
Tecnologia, meio ambiente e sustentabilidade
62-89



Desde la Facultad
From the Faculty
Da faculdade
90-109



Textos
Texts
Textos
110-126



Los artículos científicos como herramienta de aprendizaje en las escuelas de arquitectura

Carolina Rodríguez-Ahumada

Pág. 3

ES

Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana

Morella Briceño-Ávila

Pág. 10

ES EN

Habitar la quebrada: conformación de gradientes en las trazas vernaculares de los sectores altos de Valparaíso

Omar Eduardo Cañete-Islas

Juan Luis Moraga-Lacoste

Felipe Mateo López-Flores

Pág. 20

ES

Láminas cilíndricas en la arquitectura colombiana del siglo XX

Jorge Galindo-Díaz

Pág. 36

ES EN

Retórica simbólica en el espacio arquitectónico
Una mirada antropológica de la casa en la sobremodernidad

Eska Elena Solano-Meneses

Pág. 51

ES

Ecoenvolventes: análisis del uso de fachadas ventiladas en clima cálido-húmedo

Sara Luciani-Mejía

Rodrigo Velasco-Gómez

Roland Hudson

Pág. 62

ES

Estrategias metodológicas de análisis urbano frente al cambio climático

Matriz para el diseño adaptativo en asentamientos informales

Adriana Patricia López-Valencia

Oswaldo López-Bernal

Pág. 78

ES

Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón

Modelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera

Renato Cassandro-Cajiao

Pág. 90

ES EN

Continuidad y transformaciones de modelos pedagógicos en la École Polytechnique (1867-1910)

Estelle Thibault

Traductores

Andrés Ávila-Gómez

Diana Carolina Ruiz

Pág. 110

ES

La postulación de un artículo a la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* indica que- el o los autores certifican que conocen y aceptan la política editorial, para lo cual firmarán en original y remitirán el formato RevArq FP00 Carta de originalidad.

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* maneja una política de Autoarchivo VERDE, según las directrices de SHERPA/RoMEO, por lo cual el autor puede:

- *Pre-print* del autor: Archivar la versión *pre-print* (la versión previa a la revisión por pares)
- *Post-print* del autor: Archivar la versión *post-print* (la versión final posterior a la revisión por pares)
- Versión de editor/PDF: Archivar la versión del editor – PDF/HTML/XML en la maqueta de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

El Autoarchivo se debe hacer respetando la licencia de acceso abierto, la integridad y la imagen de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, también se recomienda incluir la referencia, el vínculo electrónico y el DOI.

El autor o los autores son los titulares del Copyright © del texto publicado y la Editorial de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* solicita la firma de una autorización de reproducción del artículo (RevArq FP03 Autorización reproducción), la cual se acoge a la licencia CC, donde se expresa el derecho de primera publicación de la obra.

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* se guía por las normas internacionales sobre propiedad intelectual y derechos de autor, y de manera particular el artículo 58 de la Constitución Política de Colombia, la Ley 23 de 1982 y el Acuerdo 172 del 30 de septiembre de 2010 (Reglamento de propiedad intelectual de la Universidad Católica de Colombia).

Para efectos de autoría y coautoría de artículos se diferencian dos tipos: “obra en colaboración” y “obra colectiva”. La primera es aquella cuya autoría corresponde a todos los participantes al ser fruto de su trabajo conjunto. En este caso, quien actúa como responsable y persona de contacto debe asegurar que quienes firman como autores han revisado y aprobado la versión final, y dan consentimiento para su divulgación. La obra colectiva es aquella en la que, aunque participan diversos colaboradores, hay un autor que toma la iniciativa, la coordinación y realización de dicha obra. En estos casos, la autoría corresponderá a dicha persona (salvo pacto en contrario) y será suficiente únicamente con su autorización de divulgación.

El número de autores por artículo debe estar justificado por el tema, la complejidad y la extensión, y no deberá ser superior a la media de la disciplina, por lo cual se recomienda que no sea mayor de cinco. El orden en que se enuncien corresponderá a los aportes de cada uno a la construcción del texto, se debe evitar la autoría ficticia o regalada. Si se incluyen más personas que trabajaron en la investigación se sugiere que sea en calidad de colaboradores o como parte de los agradecimientos. La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* respetará el número y el orden en que figuren en el original remitido. Si los autores consideran necesario, al final del artículo pueden incluir una breve descripción de los aportes individuales de cada uno de firmantes.

La comunicación se establece con uno de los autores, quien a su vez será el responsable de informar a los demás autores de las notificaciones emitidas por la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

En virtud de mantener el equilibrio de las secciones y las mismas oportunidades para todos los participantes, un mismo autor puede postular dos o más artículos de manera simultánea; si la decisión editorial es favorable y los artículos son aceptados, su publicación se realizará en números diferentes.

A Acceso abierto

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, en su misión de divulgar la investigación y apoyar el conocimiento y la discusión en los campos de interés, proporciona acceso abierto, inmediato e irrestricto a su contenido de manera gratuita mediante la distribución de ejemplares impresos y digitales. Los interesados pueden leer, descargar, guardar, copiar y distribuir, imprimir, usar, buscar o referenciar el texto completo o parcial de los artículos o la totalidad de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.



Esta revista se acoge a la licencia *Creative Commons (CC BY-NC de Atribución – No comercial 4.0 Internacional)*: “Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos”.

La *Revista de Arquitectura* es divulgada en centros y grupos de investigación, en bibliotecas y universidades, y en las principales facultades de Arquitectura, mediante acceso abierto a la versión digital y suscripción anual al ejemplar impreso o por medio de canje, este último se formaliza mediante el formato RevArq FP20 Canjes.

Para aumentar su visibilidad y el impacto de los artículos, se envían a bases de datos y sistemas de indexación y resumen (SIR) y, asimismo, pueden ser consultados y descargados en la página web de la revista.

La *Revista de Arquitectura* no maneja cobros, tarifas o tasas de publicación de artículo (Article Processing Charge-APC), o por el sometimiento de textos a la publicación.

La *Revista de Arquitectura* se compromete a cumplir y respetar las normas éticas en todas las etapas del proceso de publicación. Los autores de los artículos publicados darán cumplimiento a los principios éticos contenidos en las diferentes declaraciones y legislaciones sobre propiedad intelectual y derechos de autor específicos del país donde se realizó la investigación. En consecuencia, los autores de los artículos postulados y aceptados para publicar, que presentan resultados de investigación, deben firmar la declaración de originalidad (formato RevArq FP00 Carta de originalidad).

La *Revista de Arquitectura* reconoce y adopta los principios de transparencia y buenas prácticas descritos por COPE, “Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing” (2015).

El equipo editorial tiene la obligación de guardar la confidencialidad acerca de los artículos recibidos, y abstenerse de usar en sus propias investigaciones datos, argumentos o interpretaciones hasta tanto el artículo no sea publicado. También debe ser imparcial y gestionar los artículos de manera adecuada y en los plazos establecidos. La selección de revisores se hará con objetividad y estos deberán responder a la temática del artículo.

El editor, los autores y los revisores deben seguir las normas éticas internacionales definidas por el Committee on Publication Ethics (COPE), con el fin de evitar casos de:

- Fabricación, falsificación u omisión de datos.
- Plagio y autoplagio.
- Publicación redundante, duplicada o fragmentada.
- Omisión de referencias a las fuentes consultadas.
- Utilización de contenidos sin permiso o sin justificación.
- Apropiación individual de autoría colectiva.
- Cambios de autoría.
- Conflicto de interés (CDI) no revelado o declarado.
- Otras que pudieran surgir en el proceso de investigación y publicación.

La fabricación de resultados se genera al mostrar datos inventados por los autores; la falsificación resulta cuando los datos son manipulados y cambiados a capricho de los autores; la omisión se origina cuando los autores ocultan deliberadamente un hecho o dato. El plagio se da cuando un autor presenta como ideas propias datos creados por otros. Los casos de plagio son los siguientes: copia directa de un texto sin entrecomillar o citar la fuente, modificación de algunas palabras del texto, paráfrasis y falta de agradecimientos; el autoplagio se da cuando el mismo autor reutiliza material propio que ya fue publicado, pero sin indicar la referencia al trabajo anterior. La revista se apoya en herramientas digitales que detectan cualquiera de estos casos en los artículos postulados, y es labor de los editores y revisores velar por la originalidad y fidelidad en la citación. La publicación redundante o duplicada se refiere a la copia total, parcial o alterada de un trabajo ya publicado por el mismo autor.

En caso de sospechar de alguna mala conducta se recomienda seguir los diagramas de flujo elaborados por COPE (2008), con el fin de determinar las acciones correspondientes.

La *Revista de Arquitectura* se reserva el derecho de retractación de publicación de aquellos artículos que, posterior a su publicación, se demuestre que presentan errores de buena fe, o cometieron fraudes o malas prácticas científicas. Esta decisión se apoyará en “Retraction Guidelines” (COPE, 2009). Si el error es menor, este se podrá rectificar mediante una nota editorial de corrección o una fe de erratas. Los autores también tienen la posibilidad de solicitar la retractación de publicación cuando descubran que su trabajo presenta errores graves. En todos los casos se conservará la versión electrónica y se harán las advertencias de forma clara e inequívoca.

A Privacidad y manejo de la información. Habeas Data

Para dar cumplimiento a lo previsto en el artículo 10 del Decreto 1377 de 2013, reglamentario de la Ley 1581 de 2012, y según el Acuerdo 002 del 4 de septiembre de 2013 de la Universidad Católica de Colombia, “por el cual se aprueba el manual de políticas de tratamiento de datos personales”:

La *Universidad Católica de Colombia*, considerada como responsable o encargada del tratamiento de datos personales, manifiesta que los datos personales de los autores, integrantes de los comités y pares revisores, se encuentran incluidos en nuestras bases de datos; por lo anterior, y en cumplimiento de las disposiciones legales vigentes, la Universidad solicitará siempre su autorización, para que en desarrollo de sus funciones propias como Institución de Educación Superior, en especial las relacionadas con la docencia, la extensión y la investigación, la *Universidad Católica de Colombia* pueda recolectar, recaudar, almacenar, usar, circular, suprimir, procesar, intercambiar, compilar, dar tratamiento, actualizar, transmitir o transferir a terceros países y disponer de los datos que le han suministrado y que han sido incorporados en las bases de datos de todo tipo que reposan en la Universidad.

La *Universidad Católica de Colombia* queda autorizada, de manera expresa e inequívoca, en los términos señalados por el Decreto 1377 de 2013, para mantener y manejar la información de nuestros colaboradores (autores, integrantes de los diferentes comités y pares revisores); así mismo, los colaboradores podrán ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir sus datos personales, para lo cual se han dispuesto las siguientes cuentas de correo electrónico:

contacto@ucatolica.edu.co y revistadearquitectura@ucatolica.edu.co

A Directrices para autores

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* recibe artículos de manera permanente. Los artículos se procesan a medida que se postulan, dependiendo el flujo editorial de cada sección.

El idioma principal es el español, y como opcionales están definidos el inglés, el portugués y el francés; los textos pueden ser escritos y presentados en cualquiera de estos.

Los artículos postulados deben corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación, ser originales e inéditos y sus contenidos responder a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Como punto de referencia se pueden tomar las tipologías y definiciones del Índice Bibliográfico Nacional, Publindex (2010) que se describen la continuación:

1. *Artículo de revisión*: documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

2. *Artículo de investigación científica y tecnológica*: documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

3. *Artículo de reflexión*: documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Adicional a estas tipologías, se pueden presentar otro tipo de artículos asociados a procesos de investigación-creación y/o investigación proyectual. En todos los casos se debe presentar la información suficiente para que cualquier investigador pueda reproducir la investigación y confirmar o refutar las interpretaciones defendidas y sea evidente el aporte a la disciplina.

En todos los casos se debe presentar la información suficiente para que cualquier investigador pueda reproducir la investigación y confirmar o refutar las interpretaciones defendidas.

A Instrucciones para postular artículos

Postular el artículo en la página web de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* y adjuntar comunicación escrita dirigida al editor RevArq.FP00 Carta de originalidad (debidamente firmada por todos los autores en original); de igual manera, se debe diligenciar el formato de hoja de vida RevArq.FP01 Hoja de Vida (una por cada autor).

En la comunicación escrita el autor expresa que conoce y acepta la política editorial de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, que el artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales y que no existe conflicto de intereses (ver modelo RevArq.FP06 CDI) y que, de ser aceptado, concederá permiso de primera publicación, no exclusiva a nombre de la Universidad Católica de Colombia como editora de la revista.

Los artículos deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En la primera página del documento se debe incluir:

TÍTULO: no exceder 15 palabras.

Subtítulo: opcional, complementa el título o indica las principales subdivisiones del texto.

Nombre del autor o autores: nombres y apellidos completos o según modelo de citación adoptado por el autor para la normalización de los nombres del investigador. Como nota al pie (máximo 150 palabras): formación académica, experiencia profesional e investigativa, vinculación laboral, código <https://orcid.org/>, premios o reconocimientos, publicaciones representativas e información de contacto, correo electrónico.

Filiación institucional: debajo del nombre se debe declarar la institución en la cual se desarrolló el producto, de la cual recibió apoyo o aquella que respalda el trabajo investigativo.

Resumen: debe ser analítico, se redacta en un solo párrafo, da cuenta del tema, el objetivo, la metodología, los resultados y las conclusiones; no debe exceder las 150 palabras.

Palabras clave: cinco palabras o grupo de palabras, ordenadas alfabéticamente y que no se encuentren en el título o subtítulo; estas sirven para clasificar temáticamente al artículo. Se recomienda emplear principalmente palabras definidas en el tesoro de la Unesco (<http://databases.unesco.org/thesp/>), en el tesoro de Arte & Arquitectura © (www.aatespanol.cl), o Vitruvio (<http://vocabularyserver.com/vitruvio/>)

También se recomienda incluir título, resumen y palabras clave en segundo idioma.

- La segunda página y siguientes deben tener en cuenta:

El cuerpo del artículo se divide en: Introducción, Metodología, Resultados y Discusión de resultados; posteriormente se presentan las Conclusiones, y luego las Referencias bibliográficas y los Anexos (método IMRYD). Las tablas y figuras se deben incorporar en el texto.

Descripción del proyecto de investigación: en la introducción se debe describir el tipo de artículo y brevemente el marco investigativo del cual es resultado y diligenciar el formato (RevArq.FP02 Info Proyectos de Investigación).

TEXTO: todas las páginas deben venir numeradas y con el título de artículo en la parte superior de la página. Márgenes de 3 cm por todos los lados, interlineado doble, fuente Arial o Times New Roman de 12 puntos, texto justificado (Ver plantilla para presentación de artículos). La extensión de los artículos debe ser de alrededor de 5.000 palabras (\pm 20 páginas, incluyendo gráficos, tablas, referencias, etc.); como mínimo 3.500 y máximo 8.000 palabras. Se debe seguir el estilo vigente y recomendado en el Manual para Publicación de la American Psychological Association (APA). (Para mayor información véase <http://www.apastyle.org/>)

Citas y notas al pie: las notas aclaratorias o notas al pie no deben exceder cinco líneas o 40 palabras, de lo contrario estas deben ser incorporadas al texto general. Las citas pueden ser:

Corta: (con menos de 40 palabras) se incorporan al texto y pueden ser: textuales (se encierran entre dobles comillas), parafraseo o resumen (se escriben en palabras del autor dentro del texto).

Cita textual extensa: (mayor de 40 palabras) debe ser dispuesta en un renglón y un bloque independiente con sangrías y omitiendo las comillas, no olvidar en ningún caso la referencia del autor (Apellido, año, página).

Referencias: como modelo para la construcción de referencias se emplea el estilo recomendado en el Manual para Publicación de la American Psychological Association (APA) (<http://www.apastyle.org/>).

Siglas: en caso de emplear siglas en el texto, las figuras o las tablas, se debe proporcionar la equivalencia completa la primera vez que se empleen y encerrarlas entre paréntesis. En el caso de citar personajes reconocidos se deben colocar nombres o apellidos completos, nunca emplear abreviaturas.

Figuras y tablas: las figuras (gráficos, diagramas, ilustraciones, planos, mapas o fotografías) y las tablas deben ir numeradas y contener título o leyenda explicativa relacionada con el tema del artículo, que no exceda las 15 palabras (Figura 1. xxxxx, Tabla 1. xxxx, etc.) y la procedencia (fuente: autor o fuente, año, página). Estas se deben referenciar en el texto de forma directa o entre paréntesis; se recomienda hacerlo con referencias cruzadas.

También se deben entregar en medio digital, independiente del texto, en formatos editables o abiertos. La marcación de los archivos debe corresponder a la incluida en el texto. Según la extensión del artículo se deben incluir de 5 a 10 gráficos. Ver guía para la búsqueda de imágenes de dominio público o bajo licencias *Creative Commons* (CC).

El autor es el responsable de *adquirir los derechos o las autorizaciones* de reproducción a que haya lugar para imágenes o gráficos tomados de otras fuentes, así como de entrevistas o material generado por colaboradores diferentes a los autores; de igual manera, se debe garantizar la protección de datos e identidades para los casos que sea necesario.

FOTOGRAFÍA: pueden ser entregadas en original para ser digitalizadas, de lo contrario se deben digitalizar con una resolución igual o superior a 300 dpi para imágenes a color y 600 para escala de grises. Los formatos de las imágenes pueden ser TIFF, PSD o JPG, y deben cumplir con las características expresadas en el punto anterior (figuras).

PLANIMETRÍA: se debe entregar la planimetría original en medio digital, en lo posible en formato CAD, y sus respectivos archivos de plumas o en PDF; de no ser posible, se deben hacer impresiones en tamaño carta con las referencias de los espacios mediante numeración y lista adjunta. Deben tener escala gráfica, escala numérica, norte, coordenadas y localización. En lo posible, no deben contener textos, achurados o tramas.

Para más detalles, consultar el documento *RevArq. Parámetros para Autores Descripción* en el portal web de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)*

Beneficios

Como reconocimiento a los autores, se les hará envío postal de dos ejemplares de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida (RevArq.FP01); adicionalmente, se enviará el vínculo para la descarga de la versión digital.

También se enviará una constancia informativa en la que se relaciona la publicación del artículo y, de manera opcional, se pueden detallar las fechas del proceso editorial y el arbitraje realizado.

* Todos los formatos, las ayudas e instrucciones detalladas se encuentran disponibles en la página web de la Revista de Arquitectura (Bogotá) http://editorial.ucatolica.edu.co/ojsucaticolica/revistas_ucaticolica/index.php/RevArq.

** Para consultar estas instrucciones en otro idioma por favor acceder a la página web de la *Revista de Arquitectura*.

A Instrucciones para revisores

La selección de revisores se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- Afinidad temática.
- Formación académica.
- Experiencia investigativa y profesional.
- Producción editorial en revistas similares o en libros resultado de investigación.

El proceso de arbitraje se basa en los principios de equidad e imparcialidad, y en los criterios de calidad y pertinencia.

El desarrollo de la revisión se realiza según el formato (RevArq FP10 Evaluación de artículos) y las observaciones que el revisor considere necesarias en el cuerpo del artículo. En cualquiera de los conceptos que emita el revisor (Aceptar, Publicable con modificaciones, Reevaluable o No publicable), y como parte de la labor formativa y de comunidad académica, el revisor hará sugerencias para mejorar el documento. El revisor podrá solicitar una nueva relectura del artículo después de los ajustes realizados por el autor.

El revisor también deberá diligenciar el formato RevArq FP01 Hoja de Vida, con el fin de certificar y soportar el proceso de revisión ante los SIR que así lo soliciten.

En el proceso de arbitraje se emplea el método **doblo ciego**, los nombres del revisor no serán conocidos por el autor y viceversa. Con el fin de garantizar el anonimato del autor, al artículo postulado se le han podido suprimir nombres, instituciones o imágenes que puedan ser asociadas de manera directa al autor.

Aunque se procura el anonimato, una vez recibida la invitación como par revisor del artículo, el revisor debe cerciorarse de que no exista conflicto de intereses (CDI) o alguna limitante que afecte la revisión o que pueda ser vista como tal (lazos familiares, amistad o enemistad, vínculos contractuales o laborales, posiciones éticas, etc.), de presentarse esta situación se notificara al editor. (Ver modelo RevArq FP06 CDI).

Dada la confidencialidad del proceso de revisión, y considerando los derechos de autor y de propiedad intelectual que pueda haber sobre el material que se entrega, el revisor se compromete a mantener en absoluta reserva su labor, a limitar el uso de la obra entregada solo para el propósito designado y a devolver la documentación remitida una vez concluya la actividad.

El tiempo establecido para las revisiones de pares es de máximo un mes a partir de la confirmación de la recepción de la documentación. Ese plazo podrá ser modificado de mutuo acuerdo entre el editor y el revisor, siempre y cuando no afecte la periodicidad de la revista, la impresión o el tiempo para emitir una respuesta al autor.

Los revisores se acogerán a "COPE Ethical Guidelines for Peer Reviewers" de COPE.

Beneficios

Como retribución a los revisores se les hará envío postal de un ejemplar de la edición impresa sin ningún costo y entregada en la dirección consignada en el formato de hoja de vida. También, si es de interés para el revisor, podrá hacer la solicitud de alguna de las publicaciones editadas y presentes en el catálogo de publicaciones de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, previa aprobación de la Editorial y sujeto a la disponibilidad.

Si lo desea tendrá derecho a una constancia de la colaboración en la revisión de artículos, la cual solo contendrá el periodo en el cual se realizó la actividad. También tendrá la posibilidad de aceptar o no la publicación de su nombre, nacionalidad y nivel máximo de formación en la página web de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* en su calidad de colaborador.

A Proceso de revisión por pares

Luego de la postulación del artículo, el editor de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* selecciona y clasifica los artículos que cumplen con los requisitos establecidos en las directrices para los autores. El editor podrá rechazar en primera instancia artículos, sin recurrir a un proceso de revisión, si los considera de baja calidad o por presentar evidencias de faltas éticas o documentación incompleta.

Los artículos se someterán a un primer dictamen del *editor, de los editores de sección y del Comité Editorial*, teniendo en cuenta:

- Afinidad temática, relevancia del tema y correspondencia con las secciones definidas.
- Respaldo investigativo.
- Coherencia en el desarrollo del artículo, así como una correcta redacción y ortografía.

- Relación entre las figuras y tablas con el texto del artículo.

En esta revisión se verificará el nivel de originalidad mediante el uso de *software* especializado (Ithenticate o similar) y recursos digitales existentes para tal fin, también se observará la coherencia y claridad en los apartados del documento (modelo IMRYD), la calidad de las fuentes y la adecuada citación, esto quedará consignado en el formato (RevArq FP09 Revisión de artículos); esta información será cargada a la plataforma de gestión editorial y estará a disposición del autor.

En caso de que el artículo requiera ajustes preliminares, será devuelto al autor antes de ser remitido a revisores. En este caso, el autor tendrá veinte días para remitir nuevamente el texto con los ajustes solicitados.

Después de la preselección se asignan mínimo dos revisores especializados, quienes emitirán su concepto utilizando el formato (RevArq FP10 Evaluación de artículos) y las anotaciones que consideren oportunas en el texto; en esta etapa se garantizará la confidencialidad y el anonimato de autores y revisores (modalidad **doblo ciego**).

Del proceso de revisión se emite uno de los siguientes conceptos que será reportado al autor:

- *Aceptar el envío*: con o sin observaciones.
- *Publicable con modificaciones*: se podrá sugerir la forma más adecuada para una nueva presentación, el autor puede o no aceptar las observaciones según sus argumentos. Si las acepta, cuenta con quince días para realizar los ajustes pertinentes.
- *Reevaluable*: cumple con algunos criterios y debe ser corregido. Es necesario hacer modificaciones puntuales y estructurales al artículo. En este caso, el revisor puede aceptar o rechazar hacer una nueva lectura del artículo luego de ajustado.
- *No publicable*: el autor puede volver a postular el artículo e iniciar nuevamente el proceso de arbitraje, siempre y cuando se evidencien los ajustes correspondientes.

En el caso de presentarse diferencias sustanciales y contradictorias en los conceptos sobre la recomendación del revisor, el editor remitirá el artículo a un revisor más o a un miembro del Comité Editorial quien podrá actuar como tercer árbitro, con el fin de tomar una decisión editorial sobre la publicación del artículo.

Los autores deberán considerar las observaciones de los revisores o de los editores, y cada corrección incorporada u omitida debe quedar justificada en el texto o en una comunicación adjunta. En el caso que los autores omitan las indicaciones realizadas sin una argumentación adecuada, el artículo será devuelto y no se dará por recibido hasta que no exista claridad al respecto.

El editor respetará la independencia intelectual de los autores y a estos se les brindará el derecho de réplica en caso de que los artículos hayan sido evaluados negativamente y rechazados.

Los autores, con su usuario y contraseña, podrán ingresar a la plataforma de Gestión Editorial, donde encontrarán los conceptos emitidos y la decisión sobre el artículo.

El editor y el Comité Editorial se reservan el derecho de aceptar o no la publicación del material recibido. También se reservan el derecho de sugerir modificaciones de forma, ajustar las palabras clave o el resumen y de realizar la corrección de estilo. El autor conocerá la versión final del texto antes de la publicación oficial del mismo.

Cuando un artículo es aceptado para su publicación, el autor debe firmar la autorización de reproducción (RevArq FP03 Autorización reproducción). Para más información ver: Política de derechos de autor

Notas aclaratorias:

La *Revista de Arquitectura (Bogotá)* busca el equilibrio entre las secciones, motivo por el cual, aunque un artículo sea aceptado o continúe en proceso de revisión, podrá quedar aplazado para ser publicado en un próximo número; en este caso, el autor estará en la posibilidad de retirar la postulación del artículo o de incluirlo en el banco de artículos del próximo número.

El editor y los editores de sección de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)* son los encargados de establecer contacto entre los autores y revisores, ya que estos procesos se realizan de manera anónima.

PÁG. 3 ● Los artículos científicos como herramienta de aprendizaje en las escuelas de arquitectura

Scientific articles as a learning tool in architecture schools
Os artigos científicos como ferramenta de aprendizagem nas escolas de arquitetura
Carolina Rodríguez-Ahumada

PÁG. 10 ● Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana

Urban landscape and public space as an expression of everyday life
Paisagem urbana e espaço público como expressão da vida cotidiana
Morella Briceño-Ávila

PÁG. 20 ● Habitar la quebrada: conformación de gradientes en las trazas vernaculares de los sectores altos de Valparaíso

Inhabiting the ravine: Gradient configuration in the vernacular layouts of the higher sectors of Valparaíso
Habitar a quebrada: conformação de níveis nos traçados vernaculares dos setores altos de Valparaíso
Omar Eduardo Cañete-Islas
Juan Luis Moraga-Lacoste
Felipe Mateo López-Flores

PÁG. 36 ● Láminas cilíndricas en la arquitectura colombiana del siglo XX

Cylindrical shells in Colombian architecture in the 20th century
Estruturas laminares cilíndricas na arquitetura colombiana do século XX
Jorge Galindo-Díaz

PÁG. 51 ● Retórica simbólica en el espacio arquitectónico. Una mirada antropológica de la casa en la sobremodernidad

Symbolic Rhetoric in the Architectural Space: An Anthropological View of the House in the Age of Supermodernity
Retórica simbólica no espaço arquitetônico. Um olhar antropológico da casa na sobremodernidade
Eska Elena Solano-Meneses

PÁG. 62 ● Ecoenvolventes: análisis del uso de fachadas ventiladas en clima cálido-húmedo

Eco-friendly coverings: Analysis of the use of ventilated facades in hot, humid weather
Ecoenvolventes: análise do uso de fachadas ventiladas em clima quente e úmido
Sara Luciani-Mejía
Rodrigo Velasco-Gómez
Roland Hudson

PÁG. 78 ● Estrategias metodológicas de análisis urbano frente al cambio climático. Matriz para el diseño adaptativo en asentamientos informales

Methodological strategies for urban analysis in the face of climate change. An adaptive design matrix for informal settlements
Estratégias metodológicas de análise urbana ante mudanças climáticas. Matriz para o desenho adaptativo em assentamentos informais
Adriana Patricia López-Valencia
Oswaldo López-Bernal

PÁG. 90 ● Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartónModelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera

Structural thermal panel wall composed of bamboo and cardboard.
Experimental model applied to the climate of the Coffee Region
Muro painel térmico estrutural composto de bambu e papelão. Modelo experimental aplicado ao clima da zona cafeeira
Renato Cassandro-Cajiao

PÁG. 110 ● Continuidad y transformaciones de modelos pedagógicos en la École Polytechnique (1867-1910)

Continuity and transformations of teaching models at the École Polytechnique (1867-1910)
Continuidade e transformações de modelos pedagógicos na École Polytechnique (1867-1910)
Estelle Thibault
Traductores
Andrés Ávila-Gómez
Diana Carolina Ruiz



CULTURA Y ESPACIO URBANO
CULTURE AND URBAN SPACE
CULTURA E ESPAÇO URBANO

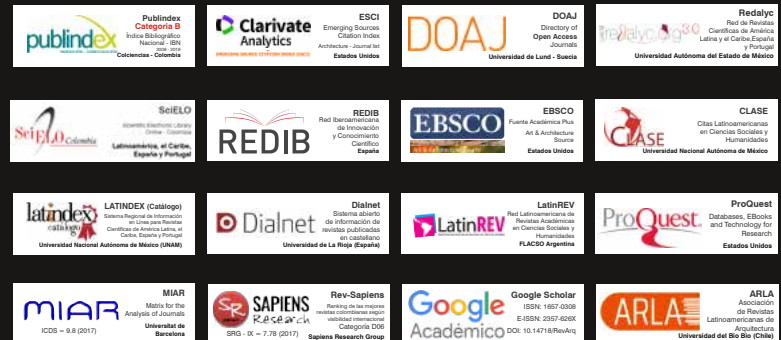
PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y URBANO
ARCHITECTURAL AND URBAN PROJECT
PROJETO ARQUITETÓNICO E URBANO

TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD
TECHNOLOGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY
TECNOLOGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

DESDE LA FACULTAD
FROM THE FACULTY
DA FACULDADE

TEXTOS
TEXTS
TEXTOS

La Revista de Arquitectura es de acceso abierto, arbitrada e indexada y está presente en:



Facebook: Revista de Arquitectura Universidad Católica de Colombia
Twitter: @REVARQUCATOLICA

Website: <https://www.mendeley.com/profiles/revista-de-arquitectura-bogot/>

