

**Crítica #1 - Año 2025 - pp. 27-45**

# La tecnología de las formas arquitectónicas en la modernidad uruguaya

Dr. Arq. Juan José Fontana

\* Una versión preliminar de este trabajo se presentó oralmente el día 26/04/2024 con comentarios de Valeria Bril y Virginia Bonicato (UNLP).

## **Dr. Arq. Juan José Fontana**

La tecnología de las formas arquitectónicas en la modernidad uruguaya

### **Dr. Arq. Juan José Fontana**



Es Arquitecto (FARO-Udelar, 2001) y Doctor (Universidad de Alicante, 2012). Es Profesor Titular del Instituto de Tecnologías (FADU-Udelar) con perfil en Estructuras, en régimen de Dedicación Total. Es Director del Diploma de Especialización de Diseño de estructuras en la arquitectura, miembro del Comité Académico del Doctorado en Arquitectura, e integra la Comisión Consultiva del Departamento de Materiales y procedimientos del Instituto de Tecnologías y la Comisión de Posgrado (FADU-Udelar).

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4444-1951>

**Correo electrónico:** [juanjosefontana@fadu.edu.uy](mailto:juanjosefontana@fadu.edu.uy)

## **La tecnología de las formas arquitectónicas en la modernidad uruguaya**

### **Resumen**

Este trabajo pretende generar conocimientos técnicos acerca del diseño y la materialización de obras arquitectónicas construidas en Uruguay en la segunda mitad del siglo XX, entendiendo las características materiales y tecnológicas de la arquitectura como parte de sus valores a preservar. Se analizó una serie de ejemplos paradigmáticos de la producción nacional de este período: una selección de edificios del Arq. Luis García Pardo. Se valoró el aporte de estas obras en el ámbito del diseño estructural y se establecieron correlaciones entre las decisiones de proyecto, los riesgos asumidos, los materiales y las tecnologías utilizadas y los estados actuales de conservación. Finalmente, se reflexionó acerca de los aportes de los estudios histórico-arquitectónicos, constructivos y estructurales a la hora de definir criterios para la elaboración de planes de monitoreo, mantenimiento y de reparación, que permitan prolongar la vida útil de los edificios.

**Palabras clave:** historia de la tecnología, diseño estructural, modelos de cálculo, durabilidad, mantenimiento y reparación.

---

## **The Technology of Architectural Forms in Uruguayan Modernity**

### **Abstract**

This paper aims to generate technical knowledge about the design and construction of architectural works built in Uruguay in the second half of the 20th century, understanding the material and technological characteristics of the architecture as part of its values to be preserved. A series of paradigmatic examples of the national production from this period were analyzed: a selection of buildings by the architect Luis García Pardo. The contribution of these works in the field of structural design was valued, and correlations were established between project decisions, the risks taken, the materials and technologies used and the current state of conservation. Finally, a reflection was made on the contributions of historical-architectural, construction, and structural studies when defining criteria for the development of monitoring, maintenance and repair plans that can extend the useful life of the buildings.

**Key-words:** history of technology, structural design, calculation models, durability, maintenance and repair.

## **Introducción**

La Historia de la Tecnología Arquitectónica es una disciplina que ha surgido en los últimos treinta años integrando conocimientos propios de la Historia de la Arquitectura y de la Tecnología Arquitectónica, y que actualmente se encuentra en pleno desarrollo. Generalmente denominada como Historia de la Construcción, tiene por objetivo el estudio cronológico de las técnicas aplicadas a la construcción en la arquitectura y en la ingeniería civil, es decir, el estudio del arte de la construcción a lo largo de la historia (Huerta et al., 2015). La historia de la construcción relatada por Auguste Choisy a finales del siglo XIX (Choisy, 1980) es un temprano documento recopilatorio de las principales técnicas constructivas y estructurales empleadas desde la prehistoria, acompañada por un gran número de dibujos ilustrativos de gran calidad, pero que se configuró como un caso aislado. Habría que esperar hasta la década de los años 1990 para el surgimiento de un cuerpo bibliográfico sistematizado en la materia. Cabe destacar, en este período, las publicaciones de Antonio Castro Villalba (1995) y de Robert Mark (2002), enfocadas en el análisis de técnicas constructivas euroasiáticas. A finales del siglo XX fueron creadas numerosas sociedades de promoción dedicadas a este campo específico, tales como El “Construction History Group” de Inglaterra inaugurado en 1984, la “Society for the History of Technology” creada en Estados Unidos en 1988 o la “Sociedad Española de Historia de la Construcción” fundada en 1997. Desde 1996, por otra parte, se realizan en Europa periódicamente congresos nacionales sobre la materia, y desde 2003 se han organizado congresos internacionales en España, Francia, Alemania, Reino Unido y Estados Unidos. En América Latina, sin embargo, esta disciplina no ha tenido aún un mayor desarrollo y Uruguay no es una excepción.

Nuestro país cuenta con un amplio acervo de obras arquitectónicas de alta calidad diseñadas y construidas durante la segunda mitad del siglo XX. El conocimiento que se tiene sobre los aspectos técnicos y tecnológicos que han sido aplicados en la ideación y materialización de estos proyectos es, sin embargo, muy limitado y no se encuentra sistematizado. En los cursos de grado de las carreras de Arquitectura este aspecto es prácticamente ignorado, entre otros factores, debido a la escasez

de publicaciones que permitan abordar el tema en profundidad. Estos conocimientos, por otra parte, resultan fundamentales a la hora de implementar acciones que permitan prolongar la vida útil de dichas obras.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

El objetivo general de esta investigación es generar reflexión y conocimiento acerca de la importancia de los estudios histórico-constructivos y estructurales para la elaboración de planes de mantenimiento y de reparación, que permitan prolongar la vida útil de nuestro parque edilicio.

### ***Objetivos particulares***

Particularmente, se pretende crear una línea de trabajo dedicada a generar conocimientos técnicos acerca del diseño y la materialización de obras arquitectónicas construidas en Uruguay en la segunda mitad del siglo XX, resaltando la importancia de los mismos a la hora de valorar dichas obras. Las características materiales y técnicas de los edificios, en este sentido, se entienden como parte de sus valores a preservar.

Identificar ejemplos paradigmáticos de la arquitectura nacional de este período, representativos de la producción general, así como hitos arquitectónicos, es prioritario. Se busca conocer en detalle los componentes tecnológicos de dichas obras y, particularmente, de sus sistemas estructurales. Se pretende, igualmente, determinar sus autorías: técnicos, empresas e instituciones involucrados en los procesos de ideación, materialización y mantenimiento.

Se busca, asimismo, conocer el estado actual de conservación de estos edificios: determinar los fenómenos degresivos que pudieran afectarlos, así como las transformaciones que pudieran haber sufrido desde su creación.

Se pretende, por último, definir lineamientos para orientar el diseño de planes de monitoreo, mantenimiento y reparación edilicia de estos bienes.

## **Metodología y actividades realizadas**

En una primera instancia, se identificó un grupo de obras construidas en el período de referencia cuyo diseño estructural resultara un aporte significativo, y cuya preservación y mantenimiento resultara de interés particular para la disciplina.

El plan de trabajo se basó en la hipótesis de que el Arq. Luis García Pardo ha proyectado y construido, en la segunda mitad del siglo XX, una serie de obras arquitectónicas cuyo diseño estructural es innovador para su época, tanto a nivel nacional como internacional, llevando al límite los conocimientos técnicos y la disponibilidad de tecnología para su diseño y materialización. Se seleccionó, entonces, la producción de edificios de vivienda colectiva diseñados y construidos por dicho arquitecto, solo o en colaboración con otros técnicos, durante el período comprendido entre 1950 y 1960, aproximadamente. Estos se encuentran ubicados en Montevideo y en Punta del Este:

edificios Positano, Gilpe, Guanabara, Guaiba, El Pilar, Chiloé, Regulus, Iporá, El Grillo, L'Hirondelle, Ruca Malén y El Aranzal. El diseño estructural en este conjunto de obras resulta particularmente creativo e intrínsecamente ligado al diseño espacial, conformando una gama de soluciones posibles para un problema clásico de la arquitectura moderna: el diseño de volúmenes *levitantes*, suspendidos por encima de un espacio libre en planta baja, que marca la transición del espacio público de la ciudad al privado de la vivienda. Algunos de estos diseños replican soluciones estructurales ensayadas en obras clásicas de la arquitectura moderna internacional, adaptándolas a la realidad nacional, mientras que otros, más experimentales, consisten en diseños estructurales de gran originalidad, que han tenido una enorme repercusión a nivel local e internacional.

Específicamente, se valoró el aporte técnico de este grupo de obras en el ámbito del diseño estructural. Se valoraron sus características tecnológicas y se pusieron en evidencia las implicancias que las decisiones tomadas para su materialización han tenido en su actual estado de conservación, en la aparición de mecanismos de degradación y en el desarrollo de los procesos patológicos que la afectan.

El análisis de estos edificios fue realizado a partir de visitas, inspecciones y relevamientos fotográficos, así como del estudio de los planos originales de albañilería, estructura, instalaciones y detalles constructivos, de memorias técnicas y constructivas, informes, y fotografías de época. Las fuentes de estos documentos históricos fueron el Centro de Documentación del Instituto de Historia y el Archivo del Servicio de Medios Audiovisuales de la FADU, Udelar.

Se realizó una primera aproximación cualitativa al estado actual de conservación de estas obras a través de un relevamiento preliminar, no exhaustivo, de lesiones, y se establecieron correlaciones entre las decisiones proyectuales y tecnológicas, el mantenimiento efectuado a lo largo del tiempo y la presencia o ausencia de procesos patológicos.

A continuación, fueron seleccionados dos casos de estudio para un análisis detallado del diseño estructural: los edificios Positano y el Pilar, ambos proyectados en colaboración por los Arqs. Luis García Pardo y Adolfo Sommer Smith. Se analizó y verificó la relevancia de estas obra a través de una revisión bibliográfica completa, incluyendo entrevistas y publicaciones contemporáneas a su producción, así como análisis teóricos más recientes. Modelos realizados con el programa RFEM (Dlubal Software, 2020) utilizando criterios de los Eurocódigos, permitieron analizar minuciosamente el funcionamiento tridimensional de las estructuras y obtener una aproximación teórica a sus deformaciones, tensiones, cuantías y fisuraciones.

Se establecieron correlaciones entre las decisiones de proyecto, los riesgos asumidos en el diseño estructural, los materiales y las tecnologías utilizadas, y los estados actuales de conservación, valorando el diseño estructural de las obras. Se analizó, igualmente, el impacto que el diseño estructural de estos edificios ha tenido en la disciplina, tanto a nivel nacional como internacional.

Finalmente, se reflexionó acerca de los aportes potenciales de los estudios histórico-arquitectónicos, constructivos y estructurales a la hora de evaluar la relevancia y el estado de conservación de un bien, así como de definir criterios para la elaboración de planes de monitoreo, mantenimiento y de reparación.

### **Sobre la obra del Arq. Luis García Pardo**

Luis García Pardo [1910-2006] fue un arquitecto uruguayo que introdujo en su producción las premisas proyectuales de la arquitectura moderna internacional. Estudió la carrera de Arquitectura entre 1930 y 1941 en la Facultad de Arquitectura de la Udelar. Sus primeras obras arquitectónicas son de la década de 1940, con un variado uso de lenguajes. En la década de 1950, muy fructífera en cuanto a producción y logros arquitectónicos, adopta decididamente el lenguaje moderno (Medero, 2012 y Gaeta, 2011). En sociedad con el Arq. Adolfo Sommer Smith construyó sus primeros edificios en altura. La incorporación de las artes a la arquitectura está presente a lo largo de toda su carrera. En sus obras se pueden encontrar murales, esculturas y jardines diseñados por artistas como Germán Cabrera, Lino Dinetto, Vicente Martín, Lincoln Presno y Roberto Burle Marx. Fue corresponsal de Uruguay para la revista *L'Architecture D'Aujourd'hui*. En la década de 1960, construyó varios edificios en Punta del Este junto al Arq. Nebel Farini y comenzó a investigar sistemas no tradicionales para la construcción de viviendas económicas. Trabajó hasta la década de 1990 en diversos proyectos de arquitectura y urbanismo.

### **Reflexiones sobre el diseño estructural en la selección de obras del Arq. Luis García Pardo**

Los proyectos de vivienda colectiva diseñados por el Arq. Luis García Pardo en la década de 1950 siguen la idea del bloque *levitante*: la arquitectura se despega del suelo y genera la ilusión de flotar sobre los espacios de planta baja, en donde el arte y la naturaleza acompañan el tránsito entre lo público y lo privado. Los pilares estructurales marcan, caracterizan y ordenan estos espacios.

Los programas de vivienda se organizan en base a núcleos interiores de servicios, rodeados por los espacios principales que se abren al exterior a través de fachadas vidriadas y terrazas. Se establece, de este modo, una clara separación entre espacios sirvientes y servidos con estructuras independientes, de acuerdo a las ideas desarrolladas por el Arq. Louis Khan (Sabini, 1994, p. 42).

Se separa, en general, el sostén de lo sostenido. El sistema estructural, tal como puede observarse en la obra de los grandes maestros europeos de la modernidad, es independiente de la envolvente y permite disolver fachadas, ahuecar planos y eliminar tabiques. El espacio se percibe, de acuerdo a estos ideales modernos, como continuo y fluido (Goytia et al., 2021, pp. 61-62). La disolución de las fachadas permite explorar nuevas relaciones entre el espacio interior y el exterior, gracias a los nuevos avances tecnológicos. Se produce, asimismo, un traslado a la arquitectura de materiales y soluciones técnicas desarrolladas en otras industrias. Surgen, de este modo, espacios con límites difusos y la técnica se convierte en el principal componente de la expresión arquitectónica.

Existe, por otra parte, una incipiente búsqueda de la flexibilidad de los espacios servidos a través de la posibilidad de personalización por parte de los usuarios –búsqueda que no tuvo mayor éxito en la época de construcción de estos edificios, en el

ámbito local– y del uso de soluciones estructurales de grandes luces, que permiten compartimentar el espacio con tabiquería liviana no portante.

Las estructuras se conciben como obras de arte, como hechos escultóricos. Se observa una gran influencia de la pintura abstracta, fundamentalmente del universalismo constructivista del artista plástico Joaquín Torres García. La geometría y la materialidad de los elementos estructurales determinan la percepción y el uso del espacio a su alrededor. La tecnología, por su parte, es la materia con la que se crean estas obras de arte. Hay, además, una búsqueda por incorporar la prefabricación en serie y el montaje de algunos componentes estructurales, fundamentalmente vigas y losetas.

Estos diseños estructurales, más allá de seguir lineamientos modernos universales, resultan adaptados a las condicionantes específicas del proyecto y de su entorno.

Los riesgos asumidos por el arquitecto en la búsqueda de la innovación, determinan las vulnerabilidades de sus obras y explican algunos procesos patológicos que las afectan. Se desarrollan soluciones estructurales arriesgadas que incluyen, muchas veces, elementos vulnerables –por sus reducidos espesores y/o su escasa protección– o de alto compromiso funcional, que es necesario monitorear permanentemente.

El uso de hormigón armado –a veces expuesto– y de acero, determina vulnerabilidades en cuanto a la durabilidad de la arquitectura. Este hecho no era cabalmente conocido en el momento en que se fabricaron estas estructuras. La edad actual de las obras hace presuponer una alta probabilidad de que el frente de carbonatación en el hormigón haya alcanzado o superado el espesor de los recubrimientos de algunas piezas. Debe considerarse, además, el ambiente marino en el que se encuentran algunas de ellas, sobre la costa de Montevideo y de Punta del Este.

La inevitable carbonatación del hormigón, recubrimientos defectuosos, piezas de protección faltantes, fallos en las impermeabilizaciones y, en algunos casos, la exposición a elevados niveles de cloruros se consideran, preliminarmente, como los factores desencadenantes de procesos degresivos en estas estructuras.

El estado de conservación de las obras es, en general, bueno o muy bueno. Se han detectado, no obstante, algunas lesiones de relevancia (**Figura 1**).

Se observaron lesiones, mayormente, en las zonas públicas de los edificios que son de servicio, poco transitadas y/o poco accesibles, tales como subsuelos, azoteas, tanques de agua, patios de servicio, etc. Algunas de esas lesiones afectan a elementos estructurales con alto compromiso.

Es necesario desarrollar metodologías específicas para el monitoreo, la reparación, el mantenimiento y la prevención de lesiones en estas obras, algunas de las cuales tienen valor patrimonial declarado, a efectos de prolongar su vida útil. Recopilar, sistematizar y analizar información técnica sobre la misma, por lo tanto, es de vital importancia.

**Figura 1: Pérdida de material en un pilar del edificio L'Hirondelle, fisura en el tanque de agua del edificio El Grillo y mancha de óxido en una losa sobre el garaje del edificio Positano.**



Fuente: fotografías del autor.

### **Reflexiones sobre el edificio Positano**

El Positano es uno de los edificios más reconocidos y publicados del arquitecto. La estructura fue diseñada como un hecho escultórico que se exhibe a la ciudad sobre una plataforma abierta y rodeado de otras obras de arte (**Figura 2**): un jardín cuyo diseño original se ha perdido, un mural y una escultura de grandes dimensiones.

La materia prima con la que se diseña esta obra es el sistema vidriado y los cerramientos de aluminio de las fachadas, el hormigón armado de los núcleos y los tanques de agua, y el revestimiento de mármol de las vigas. La tecnología, se podría decir, es el principal componente de su imagen.

La compleja geometría de la estructura fue diseñada para optimizar dos factores: el comportamiento mecánico y la coordinación con las ideas proyectuales. La forma de las distintas piezas es deducida a partir de las solicitudes a las que resultan

sometidas, así como del proyecto de un bloque con una planta de cierta flexibilidad programática. Los núcleos y pantallas, sometidos a importantes esfuerzos de compresión y de flexión se diseñan con secciones tubulares o de perfiles de alas anchas. Las secciones cambian con la altura para adaptarse a la variación de las solicitaciones y alojan, en su interior, espacios de servicio. Las vigas transversales también tienen secciones variables para adaptarse a la variación de los esfuerzos de flexión.

El conjunto resuelve el diseño de un bloque elevado que parece flotar. Las sombras profundas arrojadas sobre los componentes verticales provocan su desaparición visual en la planta baja (**Figuras 3 y 4**), creando la ilusión de que el volumen superior levita sobre el jardín.

Su audaz concepción se enmarcó en una incipiente línea de proyectos que anunciaron un nuevo modelo de organización de la materia en sistemas altamente exigidos a la flexión, ya sea por salvar grandes luces o por tratarse de estructuras esbeltas sometidas a la acción del viento. A finales de la década de 1950, cuando el diseño de las estructuras modernas se basaba aún en retículas homogéneas de losas, vigas y pilares, el Positano fue concebido a partir de una estrategia diferente. La rigidez del sistema estructural deriva de la geometría de sus pantallas enlazadas, cuidadosamente estudiadas para adaptarse a las ideas proyectuales.

**Figura 2: Edificio El Positano y su entorno.**



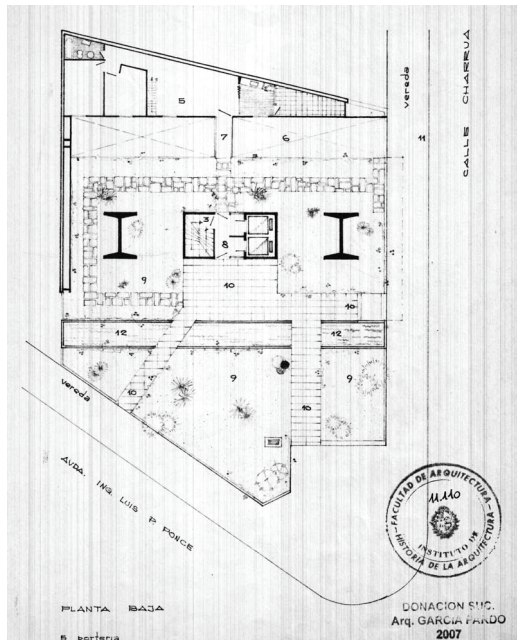
*Fuente: fotografía del autor.*

**Figura 3: Planta baja del edificio El Positano.**



Fuente: fotografía del autor.

**Figura 4: Plano de Planta baja del edificio El Positano.**

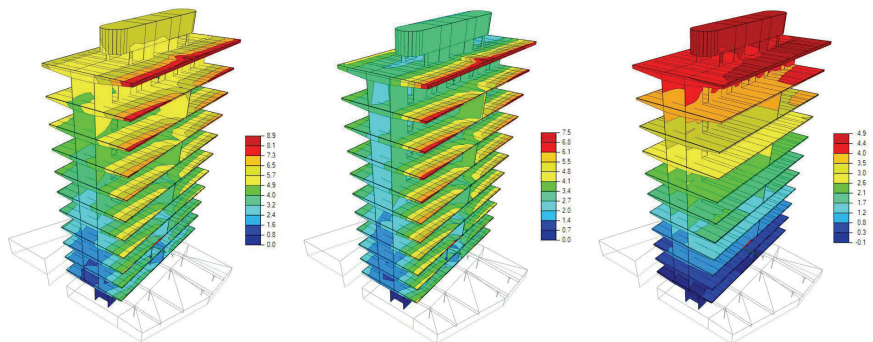


Fuente: Centro de Documentación del Instituto de Historia, FADU-Udelar.

Frank Lloyd Wright había proyectado en 1929 un edificio cuya estructura se basaba en este mismo principio, la St. Mark's Tower de Nueva York (Medero, 2014, p. 81), finalmente no construida. La Torre Illinois, un proyecto utópico de 1956 del arquitecto norteamericano para un rascacielos de una milla de altura, por otra parte, preveía un núcleo central de pantallas en forma de trípode a partir del cual mensulaban las losas que sustentaban sus 528 niveles. La enorme inercia geométrica de este núcleo, de acero y hormigón armado, era la principal responsable de su gran rigidez mecánica. Entre 1952 y 1956, finalmente, Wright diseñó y construyó con estos principios la torre para la H. C. Price Company en Oklahoma, con cuatro núcleos formados a partir del enlace de pantallas de hormigón armado, dispuestos en forma de cruz. Esta línea de diseño llevó, en las décadas siguientes, al desarrollo de nuevas tipologías estructurales que revolucionaron la construcción en altura, como puede observarse en las Torres Blancas de Madrid (1964-1968) de Francisco Sáenz de Oiza, la torre Burj Khalifa de Dubai (2004-2010), diseñada por Adrian Smith y George Efstathiou de S.O.M., o la Jeddah Tower de Arabia Saudita, actualmente en construcción. La idea de enlazar pantallas de hormigón armado con geometrías optimizadas estructuralmente, fue también aplicada para la construcción de volúmenes bajos pero sometidos a importantes esfuerzos de flexión. Tal es el caso de las vigas con sección doble T y almas perforadas que soportan el volumen horizontal que sobrevuela el Museo Brasileño de Escultura de San Pablo (1986-1995) de Paulo Mendes da Rocha.

Si bien el estado general del edificio es bueno, se observaron problemas de mantenimiento en componentes de alto compromiso estructural ubicados en el sótano, tales como las vigas que estabilizan lateralmente la estructura. Las manchas de humedad y de color óxido presentes en esta zona, podrían estar delatando procesos incipientes de corrosión.

**Figura 5: Modelo de cálculo del edificio Positano: deformaciones globales.**



*Fuente: gráficos desarrollados por el autor con el programa RFEM 5.*

La estructura está protegida por recubrimientos que enlentecen el proceso natural de carbonatación. El hormigón de los núcleos está revocado y no fue elaborado con los cuidados necesarios para quedar expuesto. Sin embargo, en un sector el revoque fue removido y pudo constatarse que el hormigón presenta defectos. Es previsible que el proceso de carbonatación se acelere en estas piezas. Una pérdida de acero en estos elementos, aunque localizada, podría provocar un incremento en las deformaciones horizontales del edificio (**Figura 5**).

La pérdida de algunas piezas del recubrimiento de mármol en vigas podría, igualmente, acelerar el proceso de carbonatación del hormigón atentando contra su durabilidad.

### **Reflexiones sobre el edificio El Pilar**

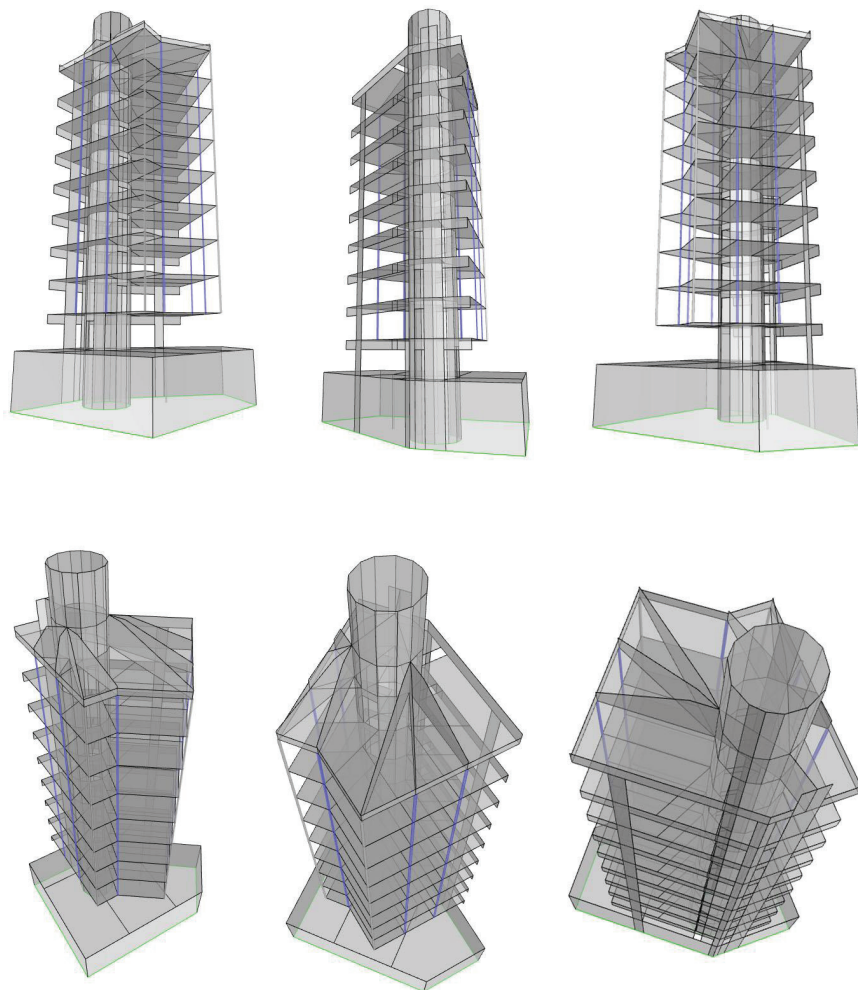
El diseño, cálculo y fabricación de una estructura como la de El Pilar en un medio con una industria de la construcción conservadora como la uruguaya, implicó la convocatoria al trabajo en colaboración de los técnicos más destacados del momento en el ambiente local (tales como el Ing. Eladio Dieste, Leonel Viera o el Ing. Carlos Agorio), quienes debieron desarrollar ingeniosas soluciones recurriendo a la tecnología más avanzada del momento, así como adoptar importantes riesgos al tensionar al límite los conocimientos de que disponían. Fruto de este trabajo colectivo surgió una obra con un diseño innovador y de gran audacia tecnológica, adelantada a su época, que se convirtió en un referente a nivel mundial para el desarrollo de edificios suspendidos.

Consta de un volumen de 9 niveles con una imagen austera, suspendido sobre una planta baja libre, en la que se eliminan por completo los límites entre el espacio interior y exterior. En los niveles superiores, solo la sutil presencia de 9 tensores se interpone entre las áreas servidas de las viviendas de planta libre y las vistas lejanas (**Figuras 6 y 7**). Actualmente, algunas modificaciones al proyecto original nublan este carácter, tales como la sustitución de la terraza en la planta baja por un local comercial delimitado por un cerramiento vidriado que invade los retiros y con una cartelería que desdibuja las líneas de las fachadas.

La estructura fue diseñada como una escultura en tensión que desafía a las leyes de la física para optimizar el aprovechamiento del predio. Puede ser tipificada como un sistema FPR o Funicular Polygon of Revolution, de acuerdo a las investigaciones del Ing. Robert Le Ricolais (Mc Cleary et al., 1997, pp. 43-44). El funcionamiento estructural de El Pilar es análogo al de proyectos teóricos como el Cosmorama o el Esferovector, en los que una serie de losas de grandes luces se apoyan en una malla de cables pretensados que se equilibran precomprimiendo un gran pilar hueco, único apoyo de la macroestructura. Richard Buckminster Fuller había desarrollado, en las décadas de 1920 y 1930, algunos proyectos de viviendas unifamiliares suspendidas denominadas como Dymaxion Houses con un sistema similar. Un ejemplo de esta serie de proyectos es la Wichita House, construida en 1947 en Kansas. Los hermanos Bodo y Heinz Rasch también habían experimentado, en las primeras décadas del siglo XX, con diseños de estructuras de gran escala suspendidas de mástiles centrales y equilibradas a través de mallas de cables tensados, que nunca llegaron a construirse. Pero El Pilar fue la

primer estructura del mundo construida, con esta tipología, a la escala de un edificio de viviendas colectivas y su influencia puede verse en edificios desarrollados a lo largo de todo el planeta en las siguientes décadas. Algunos ejemplos son el Shermanoaks Bank Building en California, el Comercial Union Building de Londres, la sede del Standard Bank en Johannesburgo, la Torre Pirelli en Buenos Aires cuya construcción contó con la colaboración de Leonel Viera, o las Torres de Colón de Madrid.

**Figura 6: Modelo de cálculo del edificio El Pilar.**



*Fuente: gráficos desarrollados por el autor con el programa RFEM 5.*

Los riesgos adoptados en el proyecto arquitectónico y estructural del edificio, fueron los que determinaron su impacto y difusión en el ámbito nacional e internacional. Pero esas decisiones tuvieron también consecuencias en los problemas que el edificio tuvo que enfrentar desde muy temprano en su etapa de construcción, en las patologías que lo han afectado a lo largo de su vida, y han determinado algunas de las vulnerabilidades a las que se enfrenta en la actualidad.

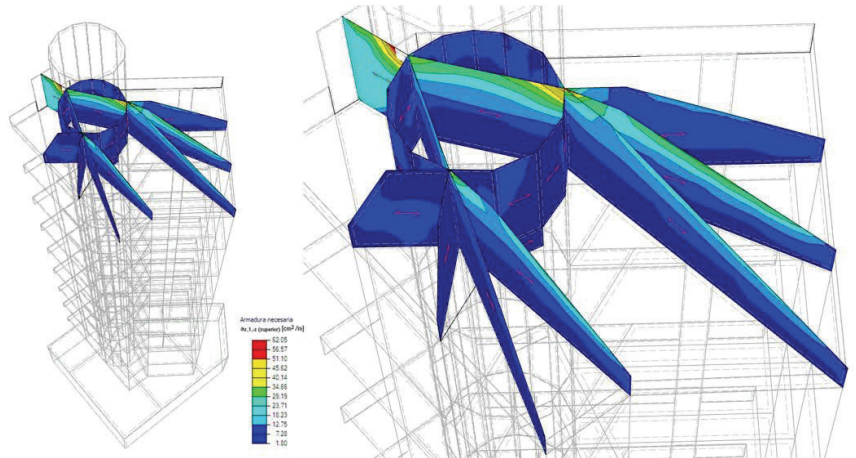
**Figura 7: Reconstrucción fotográfica del edificio El Pilar.**



*Fuente: fotografía del autor.*

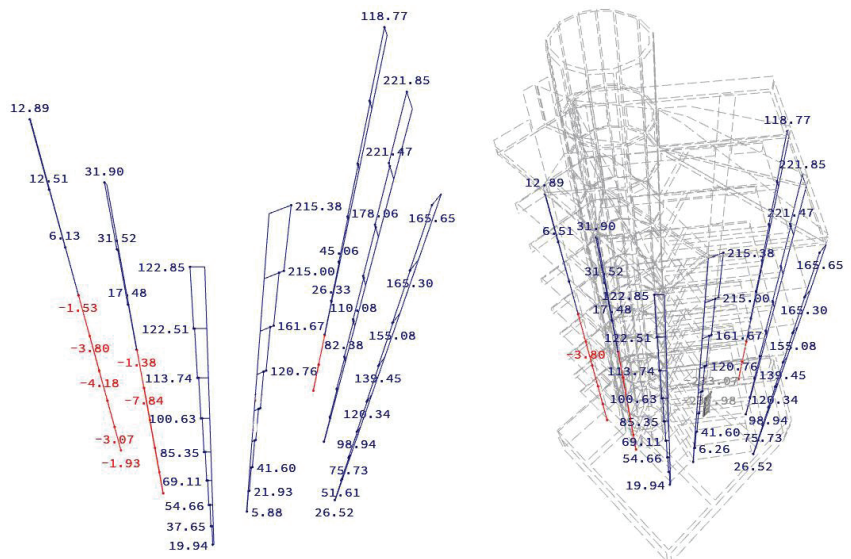
La viabilidad de su construcción fue puesta en duda a causa de la corrosión sufrida por los alambres de precompresión durante un período de suspensión de las actividades. Hasta el día de hoy, el riesgo de una rotura frágil de los alambres del pilar precomprimido debido al fenómeno de la corrosión bajo tensión está presente, debido a la decisión tomada de tensarlos en un estado de conservación desconocido. En un edificio construido con esta tecnología y emplazado frente al mar, hoy en día se sabe que es necesario un monitoreo continuo de la estructura, a efectos de detectar tempranamente lesiones que delaten el inicio de este proceso.

Figura 8: Modelo de cálculo del edificio El Pilar: cuantías necesarias de acero en las vigas de la cubierta.



Fuente: gráficos desarrollados por el autor con el programa RFEM 5.

Figura 9: Modelo de cálculo del edificio El Pilar: diagramas de esfuerzos axiales en los tensores de fachadas.



Fuente: gráficos desarrollados por el autor con el programa RFEM 5.

Las vigas en ménsula del nivel de la cubierta, por otra parte, son unidades con un alto compromiso estructural (**Figura 8**). Se encuentran protegidas por un recubrimiento de piezas cerámicas que enlentecen la carbonatación del hormigón y actúan de barrera para el ingreso de iones cloruros. Es indispensable, dada la edad de la estructura, monitorear continuamente su estado de conservación.

Los tensores de acero común son elementos cuyo compromiso estructural se incrementa con la altura (**Figura 9**). Se encuentran parcialmente protegidos del ambiente marino exterior al ubicarse por detrás de la carpintería de aluminio de las fachadas. Ya han sufrido lesiones por corrosión que han sido reparadas. La disminución temporal de la sección resistente de un tramo por corrosión, sin llegar a ocasionar el fallo de la estructura, podría ocasionar un incremento en las deformaciones verticales de las losas de los niveles inferiores que, hasta la fecha, se encuentran dentro de límites admisibles. En caso de ceder algún tensor, los otros aún tendrían capacidad de respuesta, pero a costa de un incremento irreversible en las deformaciones y en la fisuración de las losas.

La presencia de cielorrasos en algunas de las viviendas y en el local comercial dificulta la inspección de los tensores y de las placas de apoyo de los entrepisos. Posibles filtraciones de agua en los cerramientos exteriores podrían desencadenar procesos de oxidación, por lo que el adecuado mantenimiento de las fachadas resulta de vital importancia para la conservación de la estructura.

Es de señalar la gran vulnerabilidad de estos elementos de acero expuesto frente al fuego. La ocurrencia de un incendio podría llevar al rápido colapso de toda la estructura o de una parte de ella, según el nivel en el que tuviera lugar. La protección de los tensores con revestimientos ignífugos o con pinturas intumescentes es altamente recomendable.

Algunas de las piezas con mayor compromiso estructural se encuentran en zonas habitualmente inaccesibles, como la azotea o el sótano, y es posible que en ellas ocurra un fallo frágil y repentino. Es necesario, en síntesis, elaborar un programa de monitoreo continuo de la estructura en su conjunto, a efectos de detectar tempranamente posibles lesiones. Los principales riesgos a los que se enfrenta son el fallo de algún alambre pretensado debido a la corrosión bajo tensión, así como la corrosión de las armaduras superiores de las vigas de la cubierta y de los tensores. Detectar tempranamente fisuras en el pilar medianero precomprimido y en las vigas de la cubierta, así como puntos de corrosión en los tensores y en las placas, es de gran relevancia.

### **Reflexiones sobre las metodologías para la planificación del monitoreo, mantenimiento y restauración de estructuras modernas**

A efectos de definir procedimientos de monitoreo, mantenimiento y reparación estructural de bienes arquitectónicos, es necesario contextualizar la relevancia histórica de las obras, analizar sus características formales y tecnológicas, así como los procesos técnicos que permitieron su materialización, modelizar y entender sus comportamientos estructurales, registrar detalladamente las lesiones que los afectan y evaluar el riesgo de ocurrencia de fenómenos degresivos. Análisis integrales de este tipo, permiten realizar diagnósticos y dictámenes en base a los cuales definir las acciones más apropiadas para prolongar la vida útil de cada edificio.

Es necesario recopilar información completa –planimetría, memorias, documentos, fotografías de época, etc.– indagando en distintos archivos públicos y privados, así como buscando posibles fuentes alternativas de información. Es necesario, igualmente, contextualizar la obra en su tiempo histórico y en su zona geográfica –como parte de un sistema de producción–, analizar la crítica historiográfica a lo largo de su vida y determinar su aporte innovador a la disciplina, así como la influencia que pudiera haber tenido en obras posteriores.

Identificar, localizar y registrar lesiones que afecten a los distintos componentes estructurales y constructivos, y sistematizar dicha información en planos, fichas y fotografías de relevamiento, facilita el análisis y diagnóstico de procesos patológicos.

Es necesario relevar los materiales constitutivos de la estructura y de los otros subsistemas constructivos: determinar sus características físicas, químicas y mecánicas, así como sus estados de conservación. Para ello pueden realizarse ensayos no destructivos y evaluar la necesidad de realizar ensayos destructivos –de ser necesarios, deben desarrollarse planes de muestro adaptados a las características de la obra–.

Es recomendable realizar un registro detallado y actualizado de la configuración de los distintos subsistemas constructivos –estructura, instalaciones, cerramientos, aberturas, etc.–. Existen normativas que pueden orientar este trabajo. Es igualmente aconsejable relevar detalladamente y actualizar la información de la estructura a partir de mediciones, cateos, fotografías, termografías, etc., medir deformaciones de sus componentes, relevar uniones y cotejar la obra actual con la planimetría original.

El modelado del comportamiento estructural con programas de análisis tridimensional, permite determinar las deformaciones, tensiones, cuantías necesarias y fisuraciones teóricas del modelo. Luego se debe contrastar esta información teórica, en la medida de lo posible, con el edificio. Es posible modelar el comportamiento de la estructura en sus condiciones actuales y también en otras que pudieran ser de interés, de acuerdo a la historia del edificio. También podría resultar útil modelar situaciones hipotéticas, durante la planificación de tareas de reparación.

En base a los resultados de las actividades anteriores, se puede evaluar el estado actual del edificio y su estructura, e identificar a los mecanismos de degradación que lo afectan. Se aconseja realizar un dictamen, valorando el impacto del estado actual del edificio en su esperanza y condiciones de vida, y estimando la evolución prevista de sus procesos patológicos. De este modo, se establece la necesidad de realizar acciones de monitoreo, terapéuticas, preventivas y/o curativas.

Finalmente, es posible desarrollar proyectos de puesta en valor y manejo del edificio y de su entorno.

### **Algunas interrogantes para futuras investigaciones**

Es necesario el análisis detallado de un mayor número de casos. Aunque existen soluciones estandarizadas, cada edificio es único, con una solución espacial y tecnológica específica y una historia particular.

Cómo proceder en aquellos casos en que las obras han sufrido alteraciones de relevancia, es una cuestión sobre la que es necesario reflexionar cuando se aborda el estudio de edificios de valor histórico.

Es también necesario investigar cómo reparar materiales, reemplazar componentes deteriorados o reponer piezas faltantes, cuando éstos ya no se encuentran en el mercado y forman parte de los atributos tecnológicos que necesario preservar en el edificio.

## **Bibliografía**

- Artucio, L. (1971). *Montevideo y la arquitectura moderna*. Montevideo: Nuestra tierra.
- Aureli, P.V. y Giudici, M. (2016). *Rituals and Walls, The Architecture of Sacred Space*. London: AA Publications.
- Boronat, Y. y Baldoira, C. (2009). *El edificio de apartamentos en altura. Su producción en las décadas del 50 y 60*. Montevideo: IHA, FARQ, Udelar.
- Castro Villalba, A. (1995). *Historia de la construcción arquitectónica*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Cestau, P. (2009). *La obra de Luis García Pardo como material de proyecto*. Tesis Final de Máster en teoría y Práctica del Proyecto de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. Tutor: Dr. Helio Piñón.
- Choisy, A. (1980). *Historia de la arquitectura*. Buenos Aires: Editorial Victor Leru. Versión original: (1899) *Histoire de l'Architecture*. Paris: Gauthier-Villars.
- Collins, P. (1998). *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750-1950)*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Comerci, F.; Pelaez, A.; Tuja, J.P.; Gastambide, S.; Barreto, S. y Cardoso, A. (2017). *Pocitos moderno. Un catálogo de edificios residenciales en altura en los años 50 y 60 en el área de Pocitos en Montevideo*. Montevideo: Tradinco S.A.
- Dlubal Software (2020). RFEM (5.23.02). Windows. Alemania: Dlubal GMBH.
- Fontana, J.; Gambini, J.; Méndez, M. y Tomeo, F. (2021). Miradas múltiples. Estudio integral del Urnario Municipal, revista *Textos de Tecnología* (03): 67 - 97.
- Gaeta, J. (Ed.) (2011). *Luis García Pardo. Monografías Elarqa N°6*. Montevideo: Editorial Dos Puntos.
- Gere, J. (2007). *Mecánica de materiales*. México: Thomson Editores.
- Goytia, N. y Moisset, D. (2021). *Cuando la estructura es más que sostener*. Córdoba: Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba.
- Helene, P. y Moreira, F. (2003). *Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón. Reparación, refuerzo y protección*. San Pablo: CYTED.
- Huerta, S. y Gil, I. (2015). Construyendo la historia de la construcción. *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción, Segovia* (1): 41 - 60.
- López de Haro, D. (2016). *Luis García Pardo (1953-1963). El proyecto como revelación*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Tutor: Dr. Helio Piñón.
- Mark, R. (ed.) (2002). *Tecnología arquitectónica hasta la revolución científica: arte y estructura de las grandes construcciones*. Madrid: Akal.
- Mc Cleary, P.; Iglesias, H.; Del Rey, L. y Humanes, A. (1997). *Robert Le Ricolais. Visiones y Paradojas*. Madrid: Fundación Cultural COAM.
- Medero, S. (2012). *Luis García Pardo*. Montevideo: IHA, FADU, Udelar.
- Ministerio de educación y Cultura (2017). Iglesia de la Parroquia de Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes. Plan de conservación y manejo. Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación, Intendencia de Canelones. Recuperado el 3 de mayo de 2022 de: [https://www.getty.edu/foundation/pdfs/kim/comision\\_del\\_patrimonio\\_cultural\\_de\\_la\\_nacion\\_management\\_plan.pdf](https://www.getty.edu/foundation/pdfs/kim/comision_del_patrimonio_cultural_de_la_nacion_management_plan.pdf)
- Medero, S. (2014). El edificio Positano de Luis García Pardo y Adolfo Sommer Smith. *Cuaderno del Laboratorio de Historia Urbana* (7): 75-88. Rosario, Argentina: SCYT, UNR.
- Piñón, H. (2008). *El Formalismo Esencial de la Arquitectura Moderna*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Rey Ashfield, W. (2012). *Arquitectura moderna en Montevideo (1920-1960)*. Montevideo: CSIC. Udelar.
- Sabini, M. (1994). Louis I. Kahn y el Libro Cero de la Arquitectura. En: *Louis I. Kahn* (pp. 15-56). Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Tuja, J.P. (2017). Tres experimentos modernos. El proceso de proyecto del edificio Positano. *Revista Rita* (7): 92 - 101.
- Zienkiewicz, O. C. y Taylor, R. L. (2004). *El método de los elementos finitos*. Madrid: CIMNE, McGraw-Hill / Interamericana de España S.A.