

El edificio El Pilar, de los arquitectos Luis García Pardo y Adolfo Sommer: Diseño y construcción de una estructura colgante en la modernidad uruguaya

Juan José Fontana Cabezas

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República

Resumen

El edificio El Pilar es una obra paradigmática de la modernidad uruguaya, en cuyo diseño y construcción intervinieron algunos de los técnicos más destacados en el ámbito local. Se pretende analizar información técnica sobre la obra, a efectos de reconocer sus características tecnológicas, evaluar su impacto, identificar las vulnerabilidades que sufre y determinar las implicancias que las decisiones tomadas para su materialización tuvieron en su actual estado de conservación.

Los principales riesgos que la estructura enfrenta son: el fallo de los alambres de pretensado por corrosión bajo tensión, el de las armaduras de las vigas de la cubierta por corrosión y el de los tensores por corrosión o contacto con fuego. Debe considerarse, particularmente, que algunas de las piezas con mayor compromiso estructural se encuentran en zonas habitualmente inaccesibles y es posible que en ellas ocurra un fallo frágil.

Palabras clave: estructuras traccionadas; historia de la tecnología; modelo de cálculo; durabilidad.

El Pilar building by architects Luis García Pardo and Adolfo Sommer: Design and construction of a hanging structure in the Uruguayan modernity.

Abstract

El Pilar building is a paradigmatic work of the uruguayan modernity in whose design and construction some of the most outstanding local technicians were involved. The aim of this work is to analyze technical information about the building in order to recognize its technological characteristics, evaluate the impact it had, identify the vulnerabilities it suffers and determine the implications that the decisions taken for its materialization have had on its current state of preservation.

The main risks faced by the structure are the failure of the prestressing wires due to stress corrosion cracking, the failure of the reinforcements of the roof beams due to corrosion, and the failure of the tension members due to corrosion or contact with fire. Particular consideration should be given to the fact that some of the most structurally compromised parts are located in areas that are usually inaccessible and brittle failure is possible.

Keywords: tensile structures; history of technology; calculation model; durability.

INTRODUCCIÓN

Los arquitectos Luis García Pardo y Adolfo Sommer diseñaron y construyeron, a mediados del siglo xx, algunas de las obras más emblemáticas de la arquitectura moderna uruguaya, entre las que se encuentran los edificios El Pilar, Gilpe y Positano, declarados Bienes de Interés Municipal (Junta Departamental de Montevideo 2005).

El Pilar fue el primer edificio de viviendas en altura construido con una estructura colgante, sustentada en un único soporte comprimido. Diseñado y desarrollado

a nivel de anteproyecto, entre 1954 y 1956, fue ampliamente difundido en revistas especializadas de diversos países de Europa, Asia y Latinoamérica, desde antes de finalizar su construcción (Sprechmann y Danza 2000, 36).

El proyecto ejecutivo se concretó entre 1956 y 1957. Se estima que su construcción se realizó entre los años 1957 y 1963, con un período de aproximadamente dos años de paralización de las obras, entre 1958 y 1960. Dada la audacia tecnológica

de su diseño y el carácter innovador de su solución estructural, este período de pausa puso en cuestión la viabilidad de su finalización, que debió ser analizada y evaluada por algunos de los principales referentes técnicos de la época.

Las decisiones tomadas para el diseño arquitectónico y estructural, tanto en las etapas de anteproyecto y proyecto ejecutivo como durante su proceso de materialización, dieron origen a un edificio excepcional por su innovadora solución estructural, que resuelve a la vez problemas tecnológicos y urbanísticos derivados de las particulares características del predio donde se implanta. Pero estas decisiones determinaron, inevitablemente, una serie de vulnerabilidades que lo han afectado a lo largo de su vida.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Esta investigación se propuso como objetivos: valorar los aportes del edificio El Pilar al diseño estructural arquitectónico; reconocer sus características tecnológicas y aportes a la técnica; analizar el impacto que tuvo a nivel nacional e internacional; examinar las vulnerabilidades que sufre; y clarificar las implicancias que las decisiones tomadas para su materialización tuvieron en su actual estado de conservación, así como en el desarrollo de procesos patológicos.

Se consideró que recopilar, sistematizar y analizar información técnica sobre la obra es de vital importancia a efectos de planificar reparaciones y programas de mantenimiento que permitan prolongar su vida útil.

La hipótesis en que se basó la investigación sostiene que el diseño estructural de El Pilar fue excepcional para su época, tanto a nivel nacional como internacional, debido a su carácter innovador y a su audacia tecnológica. Su materialización implicó llevar al límite los conocimientos técnicos y la disponibilidad de tecnología. Los riesgos asumidos por los arquitectos en la búsqueda de innovación determinaron las vulnerabilidades que hoy sufre la obra y explican algunos procesos patológicos que la afectaron.

METODOLOGÍA

Se verificó la relevancia de la obra a través de una revisión bibliográfica completa, incluyendo entrevistas y publicaciones contemporáneas a su producción, así como análisis recientes sobre la obra de sus autores.

Se recopilaron planos de albañilería, estructura e instalaciones del edificio, así como memorias técnicas y constructivas, informes, fotografías y diapositivas de época. Las fuentes de esta información fueron el Archivo del Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia, y el Archivo del Servicio de Medios Audiovisuales de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de la República (Udelar). También se rastreó información en las empresas constructoras y los estudios de ingeniería que participaron del proyecto ejecutivo y de la construcción del edificio.

Se realizó un modelo de cálculo estructural para comprender su comportamiento tridimensional, así como analizar sus deformaciones, tensiones y fisuraciones teóricas.

Se hizo un recorrido por el edificio, atendiendo especialmente a la presencia de lesiones que permitieran efectuar un análisis preliminar cualitativo, no exhaustivo, de su estado de conservación.

Finalmente se establecieron correlaciones entre las decisiones de proyecto, los riesgos asumidos en el diseño estructural, los materiales y las tecnologías utilizadas, y el estado actual de conservación, valorando el diseño estructural de la obra.

RESULTADOS

La relevancia del edificio

Desde su concepción, El Pilar fue ampliamente difundido por sus autores en revistas locales (Martínez *et al.* 1965, 30-32) y en prestigiosas revistas internacionales como *L'Architecture d'Aujourd'hui* (García Pardo y Sommer 1960, LXXVII), haciéndose especial énfasis en la novedosa solución estructural adoptada. La eliminación de todos los pilares de la planta baja, a excepción de uno, se justificaba en la irregularidad geométrica del predio, su reducida área y la necesidad de minimizar la interferencia estructural

en una zona en la que el edificio se abre al espacio público. La información se complementaba con esquemas estructurales y fotografías de la estructura en proceso de obra, despojada de terminaciones y revestimientos.

Luis García Pardo explicitó, en distintas entrevistas, su interés por que el diseño estructural respondiera tanto a aspectos estáticos como funcionales o compositivos. La estructura, afirmaba, debía ser adecuada a la función del edificio y a la vez formar parte de su organización espacial y plástica (Gaeta 2000a, 9-10; Martínez *et al.* 1965, 30-31). El Pilar es un ejemplo paradigmático de esta idea.

La obra formó parte de la exposición titulada «Variaciones del tema de las construcciones suspendidas en la arquitectura», realizada en 1962 en Marl, Alemania. García Pardo presentó el proyecto al arquitecto Frei Otto, durante un viaje a Europa en 1957 (Medero 2012, 43), despertando un gran interés en el arquitecto alemán, quien afirmó que se trataba de la primera construcción de viviendas colectivas colgantes en el mundo. El historiador alemán Udo Kultermann reafirmó, posteriormente, esta idea (Kultermann 1958, 195).

En ese momento estaban reiniciándose las obras en El Pilar, luego de dos años de interrupción. Cuatro años más tarde, Frei Otto facilitó al arquitecto Joseph Weber (colaborador de los arquitectos Van Den Broek y Bakema) las fotos que García Pardo le había entregado (Otto 1962, 35). Weber estaba preparando una exposición cuyo objetivo era mostrar las posibilidades de aplicación al campo de la arquitectura de la construcción basada en la tracción (Weber 1962, 37). Allí se exhibieron imágenes de El Pilar junto a obras y proyectos de reconocidos autores como el propio Frei Otto, Philip Johnson, Robert Le Ricolais y Walter Gropius, entre otros. La pieza central, sin embargo, era el proyecto que los arquitectos Van Den Broek y Bakema habían diseñado para el Ayuntamiento de Marl, que incluía cuatro torres de oficinas con planta cuadrada y estructura suspendida. Dos de estas torres terminaron de construirse en 1967.

Durante varios años, El Pilar continuó siendo mencionado, junto a otras obras de sus autores, tanto en periódicos locales (Aguirre 1974; Cisneros 1999, 13; Merica 2001) como en revistas argentinas

(Sbarra 2001, 46-49) y brasileñas (AA.VV. 1965, 28), destacándose la inusual y arriesgada solución estructural.

Más recientemente, un renovado interés por la obra del arquitecto Luis García Pardo llevó a la aparición de publicaciones (Gaeta 2000a; Piñón 2000; Sprechmann y Danza 2000; Medero 2012) y algunas tesis de posgrado (Cestau 2009; López de Haro 2016) que analizaron su obra desde una perspectiva más reciente, pero siempre con un perfil fundamentalmente proyectual.

Esta bibliografía de principios del siglo XXI hace hincapié en la idea de que García Pardo y Sommer Smith adaptaron los principios modernos de diseño (establecidos en la obra de los grandes maestros europeos) a su modo de concebir la arquitectura, las particularidades de su entorno y las condicionantes específicas de cada proyecto. Sus obras se entienden como diseños fuertemente vinculados y adaptados a los lugares de implantación, pero proyectados con criterios compositivos modernos y universales.

El Pilar es, en estas publicaciones, una de las obras más comentadas. Se destaca, invariablemente, que fueron las particularidades del predio y sus limitaciones las que indujeron a los arquitectos a una solución estructural adelantada a su época, excepcionalmente audaz desde el punto de vista tecnológico. El propio García Pardo afirmó: «yo siempre he dicho, benditas las limitaciones, que son las que te obligan a crear» (Gaeta 2000a, 8).

En 2015, finalmente, los edificios El Pilar y Positano fueron seleccionados para integrar la exposición «Latin America in Construction: Architecture 1955-1980» en el Museo de Arte Moderno de Nueva York, destacándose que la alta calidad de la contribución de ambos edificios al paisaje urbano de la ciudad de Montevideo los había convertido en excepcionales expresiones del estilo internacional local (Bergdoll *et al.* 2015, 270-271).

Descripción del proyecto de estructura

El edificio se emplaza en un solar con una ubicación privilegiada en la ciudad de Montevideo, frente al mar, en la confluencia de las calles Bulevar España, Rambla República del Perú y Avenida Brasil



Figura 1. Vista del edificio El Pilar desde Rambla República del Perú. Imagen del autor.

(Figura 1). Sin embargo, su superficie edificable a nivel de la planta baja es de solo 34 m², debido a las pequeñas dimensiones del predio y a las afectaciones de los retiros laterales (López de Haro 2016, 164).

García Pardo afirmó haber diseñado una estructura suspendida de un único pilar para aprovechar al máximo este espacio reducido. El edificio, dijo, cumple rigurosamente con los principios de Le Corbusier de planta libre, fachada libre, planta baja libre y elevación sobre pilotis, pero adaptados y transformados a su modo de sentir y ver el problema arquitectónico específico que enfrentaba (Merica 2001).

La solución colgante se justifica, también, en la posibilidad de incorporar un nivel adicional. Una estructura mensulada del pilar principal en cada nivel, como la utilizada en el Positano, hubiera implicado

un espesor mayor de los entrepisos. El cambio a una estructura suspendida, con los entrepisos apoyados en tensores perimetrales, permitió disminuir el espesor de las losas y ganar el noveno piso (Gaeta 2000b, 66; López de Haro 2016, 168).

En la memoria descriptiva del edificio (García Pardo *et al.* 1956, 1), que responde a la configuración previa, se especificó la existencia de un sótano, una planta baja y ocho pisos superiores. Los primeros siete pisos alojaban un apartamento cada uno y el octavo era la habitación de portería, con una amplia terraza y un local de servicio. En la planta baja, se preveía el acceso a los niveles superiores a través del interior del pilar principal, y un salón para aprovechamiento del espacio no edificado, transformado en terraza.

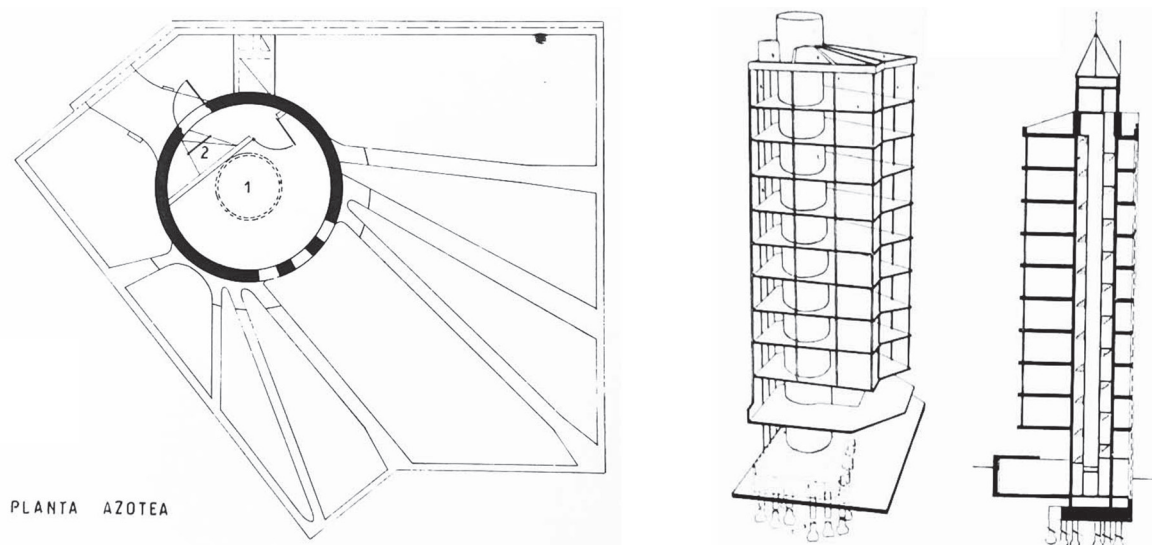


Figura 2. (a) Planta a nivel de azotea. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2265, f.14. Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay; (b) Esquema de la estructura (García Pardo y Sommer 1960, LXXVII).

El diseño estructural del edificio se atribuye a los arquitectos proyectistas, quienes delegaron el cálculo ajustado a la empresa Dieste y Montañez. El ingeniero Carlos Agorio, que había viajado a Francia e Italia para estudiar el hormigón precomprimido y trabajar con el ingeniero Riccardo Morando en Roma (Medero 2018, 226), es quien firmó, por dicha empresa, los planos de estructura, que datan de diciembre de 1956 y enero de 1957.

La estructura consiste en un pilar cilíndrico hueco (con un diámetro exterior de 3,9 m y un espesor de 25 cm) que aloja en su interior una escalera helicoidal y un ascensor con cabina cilíndrica, diseñado especialmente por la empresa Otis. Por encima del nivel de la cubierta, la sala de máquinas y el tanque de agua se alojan dentro del pilar. Por debajo de la sala de máquinas, en el nivel de la azotea, descargan en el pilar siete vigas en ménsula, con alturas y anchos variables. Esas ménsulas se equilibran con dos contraménsulas de 60 cm de espesor y 2 m de altura, que quedan incluidas en el pilar hueco y se juntan, finalmente, en una única contraménsula de 125 cm de espesor, anclada a un pilar precomprimido sobre la medianera.

Este sistema de vigas a nivel de la cubierta conforma una pieza central del sistema, con un gran compromiso estructural. Su complejo diseño con secciones variables, tanto en ancho como en altura, se optimiza teniendo en cuenta dos factores: ajustarse a la variación de las solicitaciones de flexión y no ser percibido por el peatón más que desde la lejanía, donde pasa desapercibido. La altura de las vigas crece, de este modo, desde un mínimo de 70 cm sobre la línea de pretiles hasta los 2 m sobre el pilar. Este diseño se aparta de los criterios racionalistas del conjunto y recuerda formas orgánicas ramificadas tales como un árbol, una mano o el esqueleto del ala de un murciélago (Figura 2a).

El pilar precomprimido, con una sección de 15 cm x 125 cm, aloja en su interior seis tensores pretensados con una fuerza de 25 t cada uno, que se anclan en el macizo de fundación del pilar cilíndrico (Figura 2b). De los extremos de las siete vigas en ménsula, cuelgan siete tensores compuestos por perfiles normalizados de acero de secciones PNC12 y PNL10 (Figura 3). Estos tensores se ubican al interior del edificio, a unos 20 cm del borde exterior de las losas de hormigón armado y a unos 10 cm de la fachada exterior vidriada.

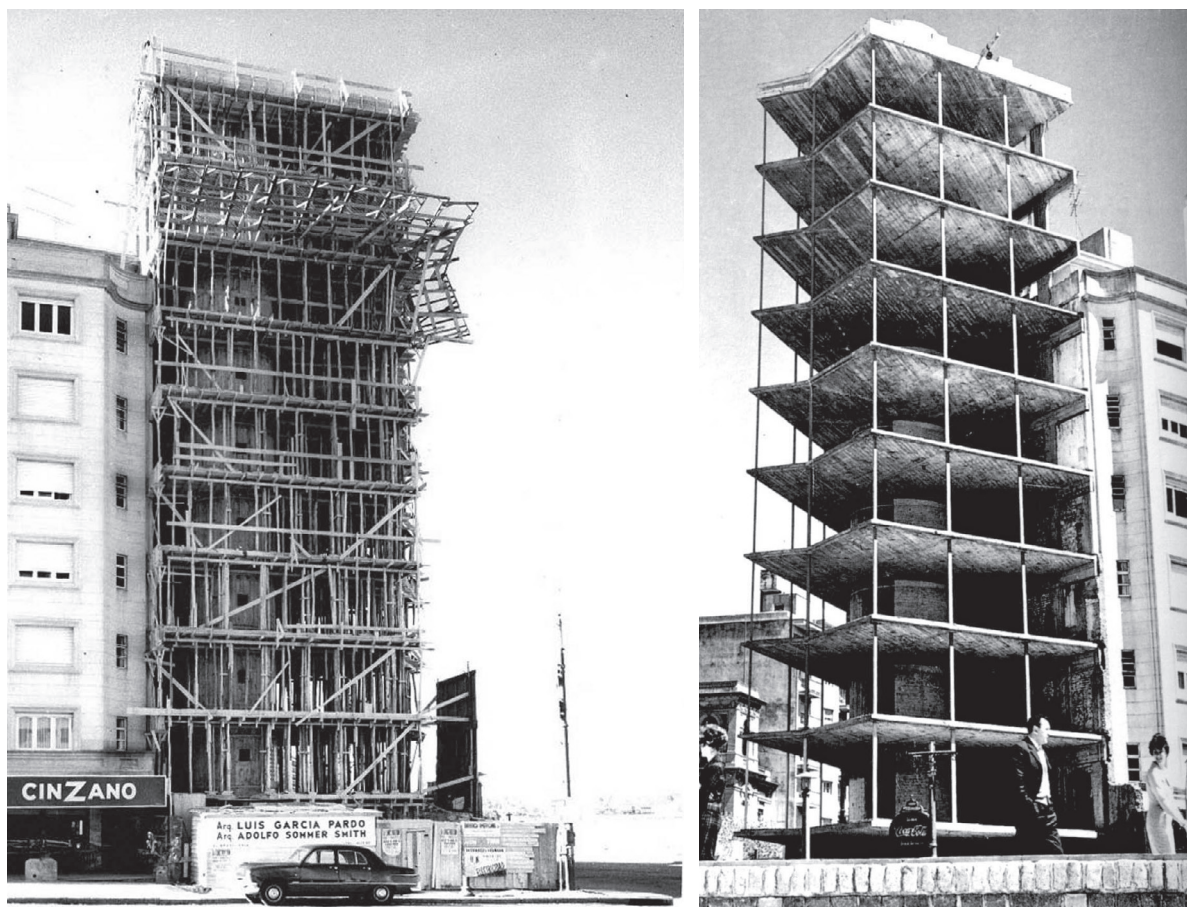


Figura 4. Edificio El Pilar durante la obra. Archivo Arq. Luis García Pardo, Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.

La empresa constructora encargada de las obras fue Pedro Moncaut S.A., una de las principales del medio en esa época. Se estima que inició sus trabajos durante la segunda mitad de 1957. El asesoramiento de la empresa Dieste y Montañez incluyó el proyecto y el cálculo de la totalidad de las piezas estructurales de hormigón armado y acero, con la excepción del sistema de precompresión del pilar medianero.

En la memoria constructiva del edificio (García Pardo y Sommer 1957), no se establecía ningún procedimiento particular para la puesta en tensión de los cables que precomprimen ese pilar. Pero en el plano de estructura de la cubierta (fechado en 1958), sí se especificaba la previsión de seis cables de pretensado dispuestos en el eje del pilar, que deberían ser puestos en tensión con una fuerza de 25 t cada uno,

luego de fraguada la azotea. Se indicaba, además, que los detalles del anclaje de dichos cables dependerían del tipo de acero seleccionado, y que se requería su aprobación por parte de los ingenieros proyectistas de Dieste y Montañez.

Finalmente, los arquitectos y la empresa constructora decidieron encargar a Leonel Viera, representante en Uruguay de la empresa Preload Company de Estados Unidos, tanto el proyecto de este sistema de pretensado como el suministro de los cables, que data de finales de 1957.

Leonel Viera había construido recientemente la cubierta colgante del Estadio para la Exposición Nacional de la Producción en Montevideo (1955-1956) y, poco tiempo después, construiría el puente colgante sobre la Barra del Arroyo Maldonado en

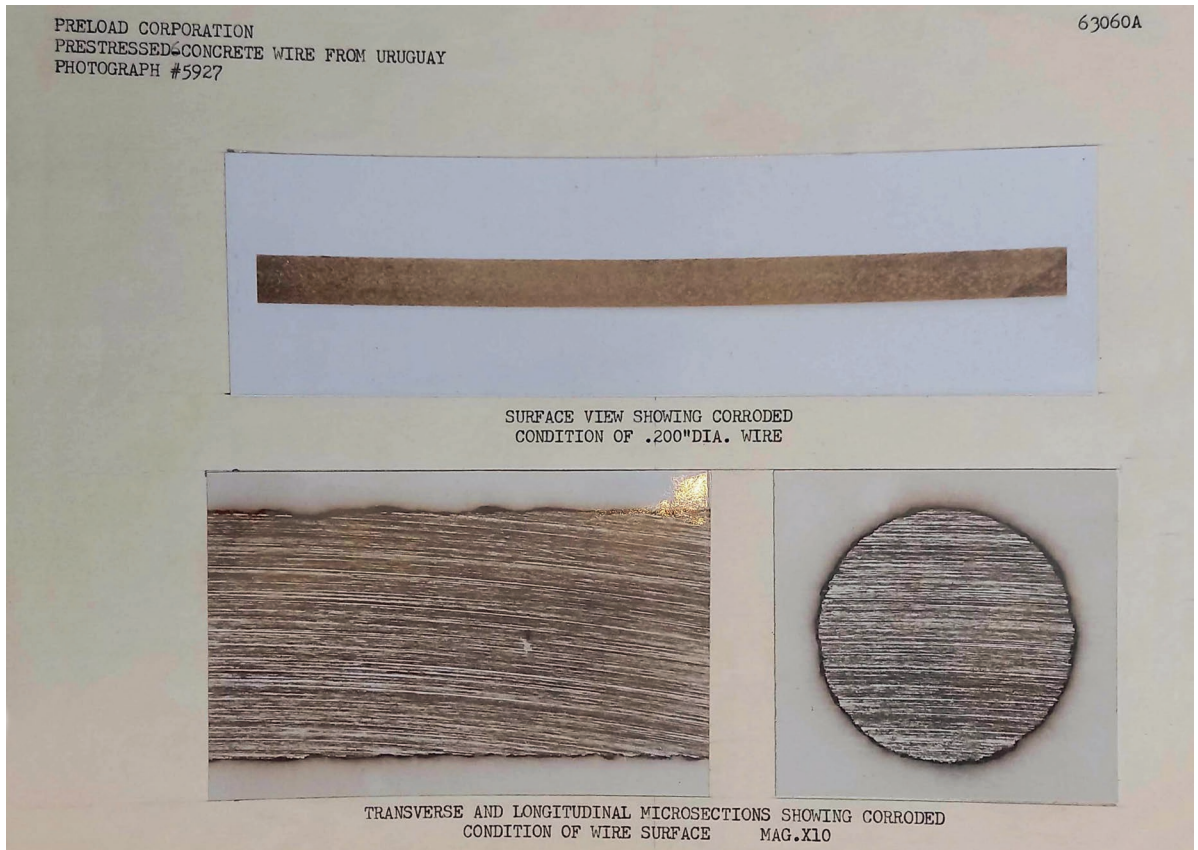


Figura 5. Fotografías de los alambres de pretensado ensayados en los Laboratorios de la Preload Company, en Nueva York. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2378, f.26: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.

Punta del Este (1963-1965). Era el principal referente a nivel nacional en la aplicación de esta tecnología, a pesar de no haber concluido sus estudios de ingeniería. Gran entusiasta de las estructuras traccionadas, analizó que esta tipología implicaba un ahorro sustancial al eliminar los costos de los materiales auxiliares y su correspondiente mano de obra, y minimizar los costos de mano de obra de los materiales propios de la construcción (Viera 1964, 26-28).

A mediados de 1958, con la estructura aún apuntalada y casi completa, los trabajos fueron temporalmente suspendidos por motivos extratécnicos (Dieste 1988, 1), a falta del hormigonado de las vigas de cubierta y del tensado de los alambres en el interior de los cables de precompresión. La obra se reiniciaría dos años más tarde, en 1960.

Con tal fin, a finales de 1959, se realizaron una serie de inspecciones y estudios durante los cuales se detectó un problema que llegó a poner en cuestión la viabilidad del proyecto estructural: el incipiente estado de oxidación que afectaba a los alambres de precompresión (cuyos extremos sobresalían por encima de la cabeza del pilar), por haber quedado expuestos a la intemperie, durante ese tiempo, a la espera de ser tensados.

El Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (Udelar) conserva copias de una serie de documentos fechados entre noviembre de 1959 y agosto de 1960, que contienen informes y

resultados de ensayos de probetas de hormigón, barras de acero torsionado y alambres de precompresión procedentes de El Pilar.

En noviembre de 1959, a solicitud de la empresa constructora, se ensayaron (en el Instituto de Ensayo de Materiales de la entonces Facultad de Ingeniería y Agrimensura de la Udelar) cuatro probetas procedentes del hormigonado del pilar cilíndrico, que habían sido fabricadas en 1958.

Asimismo, a solicitud de los arquitectos proyectistas, en abril de 1960, se realizaron ensayos a compresión de pruebas de dosificación de hormigones, previas al llenado de las vigas de la cubierta. Durante el mismo mes, fue emitido un informe con los resultados del ensayo de dos ejemplares de barras de acero torsionado, soldadas a tope mediante soldeo por arco eléctrico. Otro informe, firmado por un técnico local y otro francés, certificaba el cumplimiento de las uniones soldadas de las armaduras de las vigas de la cubierta, con las mismas condiciones mecánicas que las barras. En agosto del mismo año, finalmente, se ensayaron cuatro probetas procedentes del hormigonado de dichas vigas, que se estima habían sido fabricadas a principios de julio.

Por otra parte, en junio de 1960, los arquitectos proyectistas solicitaron al Instituto de Estática de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura, y a la Preload Company (empresa fabricante de los cables), un análisis de las consecuencias que la interrupción de la obra había tenido sobre el dispositivo de pretensado previsto. Un funcionario del Instituto de Ensayo de Materiales extrajo una serie de muestras de los alambres que sobresalían en la azotea del edificio, manteniendo una proyección mínima de 1 m para que los trabajos de tensado y anclaje pudieran ser realizados.

Durante los meses siguientes, en distintos departamentos de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura, así como en los laboratorios de la Preload Company en Nueva York (Figura 5), se realizaron ensayos de límite aparente de elasticidad; resistencia a la tracción; plegado alternado y ductilidad; módulo de elasticidad; análisis metalográfico y dosificación de carbono total, manganeso, silicio, fósforo y azufre. El objetivo de estos estudios era tanto conocer el proceso

de fabricación de los alambres como determinar la gravedad de las lesiones por corrosión y fisuración que los afectaban.

El informe de la empresa norteamericana (con fecha del 6 de julio de 1960, firmado por Robert Curran) dictó que la determinación de los efectos de la oxidación en las muestras suministradas por Leonel Viera no era concluyente, dado que la mayor parte de los alambres resultaba inaccesible a la inspección visual, por lo cual podían existir sectores en peores condiciones que las ensayadas. Recomendó así la realización de un ensayo a escala del edificio, testeando cada cable o grupo con una carga sostenida durante al menos veinticuatro horas, para evaluar su respuesta. Por último, especificó que la empresa no podía asumir ninguna responsabilidad por la decisión que finalmente fuera adoptada (Curran 1960, 2023).

El 15 de agosto de 1960, con la totalidad de los ensayos previstos ya finalizados, el Instituto de Estática de la Facultad de Ingeniería emitió un informe firmado por el ingeniero Julio Ricaldoni. Ese informe planteaba el dilema de una posible entrada de agua por los ductos de los cables, desde la azotea hasta la zona del anclaje inferior, que pudiera haber provocado en ese lugar una oxidación más acelerada que la observada en los tramos superiores sobresalientes de los alambres.

Los últimos 10 cm de dichos alambres presentaban un avanzado estado de corrosión, pero luego se observaba una corrosión de menor intensidad que no se consideraba perjudicial. La incógnita era si esta zona representaba o no la peor situación existente en toda la longitud de los alambres, ya que la mayor parte de ellos quedaba oculta. El principal riesgo que se mencionaba, en caso de que los cables fueran tensados en ese estado desconocido de conservación, era la ocurrencia de corrosión bajo tensión.

Ese problema era aún poco conocido. Ricaldoni lo estudió minuciosamente en la bibliografía especializada detallada en su informe. Se sabía que la alteración de la estructura interna del acero, producto de una fisuración gradual intercrystalina generada por la acción simultánea de esfuerzos importantes de tracción y del contacto con un agente corrosivo, podía llevar a un tipo de fractura frágil que no ocurría de otra forma en metales normalmente dúctiles como el acero.



Figura 6. Fotografía del interior de uno de los apartamentos, donde se aprecia la planta libre en torno al pilar cilíndrico. Imagen del autor.

En la bibliografía analizada por Ricaldoni, se mencionan diversos antecedentes de roturas espontáneas en estructuras de hormigón precomprimido. De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos, no le preocupaba una disminución de la capacidad resistente del acero en ese momento, dado que esa posibilidad implicaba, a lo sumo, un fallo inmediato al momento del tensado de los alambres. Lo que más preocupaba a Ricaldoni era la posibilidad de una futura corrosión bajo tensión que provocara la extensión, con el tiempo, de alguna fisura (Ricaldoni 1960, 6-8).

Recomendó, entonces, garantizar que el medio en el cual el alambre quedara inmerso favoreciera lo menos posible la corrosión. Es decir, extremar las precauciones en la selección del material a inyectar en los ductos de los cables, una vez realizada la precompresión del pilar. Y, por otra parte, obtener información directa del estado de los alambres en la zona del anclaje inferior, aunque operativamente resultara imposible de realizar sin romper el hormigón y los ductos de los cables, lo cual los dejaría sin posibilidad de ser tensados.

Es decir que, al mismo tiempo que se reiniciaban las obras en el edificio y se definía la dosificación del hormigón de las vigas de cubierta y el método de

soldado de sus armaduras, se analizaban los riesgos de tensar los alambres y se evaluaban posibles alternativas.

En febrero de 1962, el ingeniero Eladio Dieste escribió una carta al arquitecto Luis García Pardo, expresando sus dudas sobre el estado de corrosión de los alambres y remarcando la falta de seguridad expresada en el informe de la empresa norteamericana, así como la ausencia de un técnico que asumiera responsabilidad en la decisión.

En la misma carta, mencionaba un artículo reciente sobre la rotura de un tanque precomprimido construido por la Preload Company en Nueva York, insistiendo en la falta de conocimientos que a la fecha existían sobre ese tipo de rotura. Dieste recomendó reforzar los alambres con armadura de hierro torsionado soldado, que fuera capaz de resistir el esfuerzo de los cables en caso de que estos fallaran por corrosión bajo tensión (Dieste 1988, 1). Pero fueron finalmente puestos en tensión sin esta precaución.

Por último, se tiene registro de un informe del ingeniero Carlos Agorio (de marzo de 1962), en el que, luego de verificar la estructura principal, concluía que no se registraban cambios que alteraran las condiciones de trabajo inicialmente previstas,



Figura 7. Fotografías del edificio: (a) descascamientos en cara inferior de la losa del primer nivel; (b) vigas del nivel de la cubierta; (c) manchas de humedad en el interior del pilar cilíndrico, por debajo de la azotea; (d) reparación realizada a un tensor. Imágenes del autor.

considerando las variaciones de carga que existieron entre las etapas de proyecto y las de construcción (Agorio 1962).

Se estima que la finalización de la obra fue en 1963.

Reparaciones

A mediados de la década de 1980, se realizó una inspección detallada de la estructura del edificio y se concretaron una serie de reparaciones de las lesiones que fueron encontradas (Dieste 1988, 1). Particularmente, fueron detectados problemas de corrosión en algunos de los tensores de acero común, y problemas de corrosión avanzada a la altura del relleno

de los contrapisos, especialmente en aquellos tensores diseñados con perfiles L, que fueron reforzados luego de la fabricación de un puente provisorio con alambres de acero inoxidable (Figura 7d).

Estas zonas de encuentro con los contrapisos, que demostraron tener una mayor vulnerabilidad a la corrosión, fueron recubiertas con una camisa de arena y cemento pórtland para prevenir la aparición de futuras lesiones.

Se constató, por otra parte, una fuerte oxidación en una de las placas de apoyo del entresuelo del tercer nivel, lesión que fue igualmente reparada. A partir de estos trabajos, afirma Eladio Dieste (1988, 1), el edificio fue llevado a las condiciones iniciales de

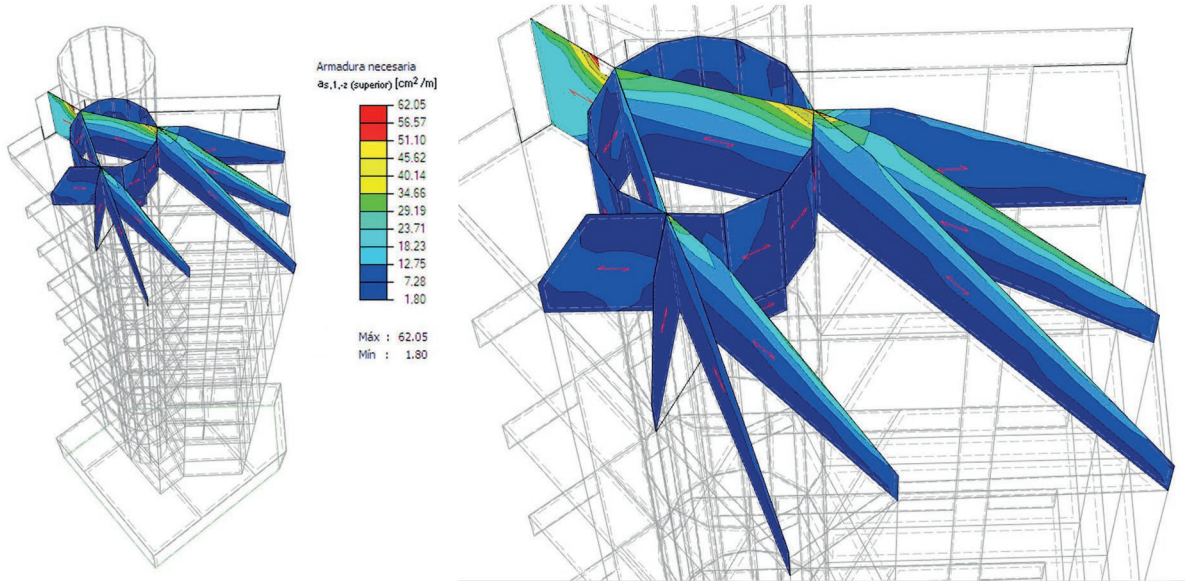


Figura 8. Armaduras necesarias en las vigas del nivel de la cubierta. Imágenes del autor.

seguridad. No fueron detectados, en ese momento, signos de falla en los tensores de precompresión del pilar medianero por corrosión bajo tensión.

Desde ese entonces, han existido en el edificio pequeñas intervenciones a partir de iniciativas particulares de los propietarios, a efectos de mantener las instalaciones, terminaciones o aberturas; pero no se tiene registro de la realización de un relevamiento integral de lesiones y patologías, o de la reparación de la estructura.

Actualmente, sin embargo, una empresa especializada en el diagnóstico y tratamiento de patologías de la edificación está realizando un análisis de algunos problemas de filtraciones de agua a través de las fachadas vidriadas, así como de las afectaciones que esas fachadas pudieran tener en la conservación de los tensores.

Estado actual de conservación

Durante una visita realizada en abril de 2022, pudo constatar que el estado general de conservación del edificio y de su estructura era bueno, sin lesiones de gravedad visibles en las zonas a las que se accedió:

planta baja, circulación vertical en el interior del pilar cilíndrico, azotea, sala de máquinas e interior de uno de los apartamentos (Figura 6).

En un sector de la cara inferior de una de las losas sobre la planta baja, que queda expuesto al exterior, se observaron descascamientos de pinturas y revoques (Figura 7a).

En la azotea (Figura 7b), se observó un perfil normalizado de acero común, utilizado como guinche para la elevación de mobiliario, con un avanzado estado de corrosión. Este perfil, sin embargo, no forma parte de la estructura del edificio.

En el interior del pilar cilíndrico, en la sala de máquinas y en el nivel inmediatamente inferior a la losa de la azotea, se observaron manchas de humedad y de óxido, producto de una pérdida de agua ya reparada en las cañerías de abastecimiento del tanque superior (Figura 7c).

Se constató una ligera pérdida de la horizontalidad de las losas del piso del apartamento visitado, con una caída hacia los tensores de fachada, acusada por el rodamiento de una esfera, pero prácticamente imperceptible.

No se tuvo acceso al sótano, por lo que no se pudo observar el tramo inferior del pilar precomprimido.

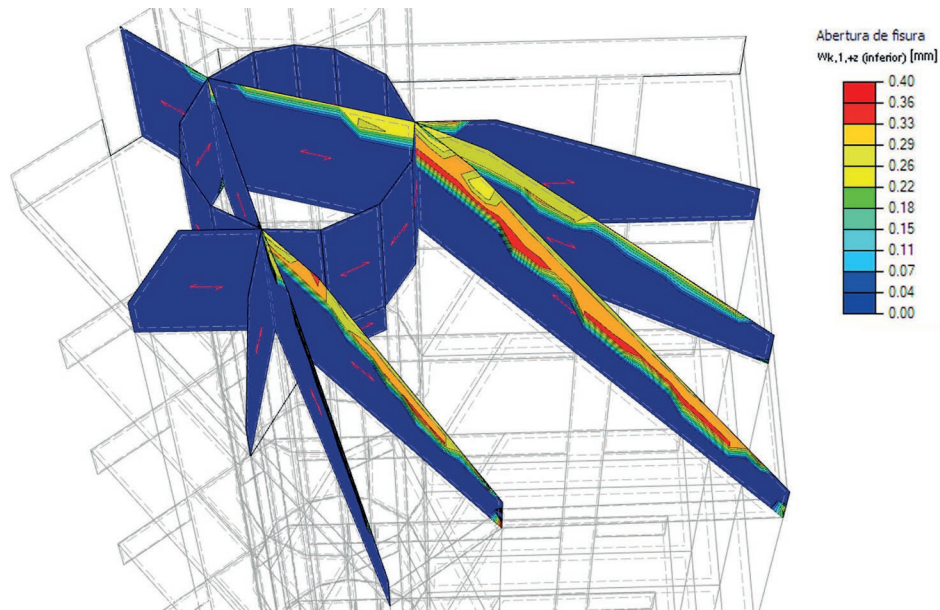


Figura 9. Abertura de fisuras en las vigas del nivel de la cubierta. Imagen del autor.

Modelo de cálculo

A efectos de analizar el funcionamiento de la estructura y de obtener una aproximación teórica a sus

deformaciones, tensiones, cuantías y fisuraciones, se realizó un modelo de cálculo con el programa RFEM 5, utilizando criterios de los Eurocódigos.

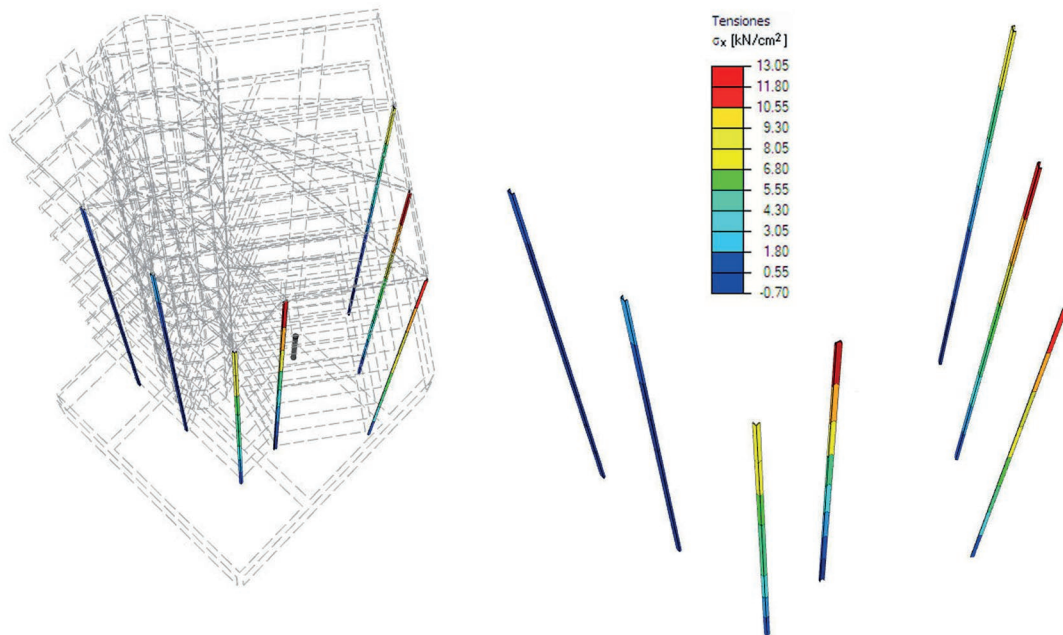


Figura 10. Tensiones normales en los tensores de acero común de las fachadas. Imágenes del autor.

Los casos de carga considerados fueron: peso propio, cargas muertas, sobrecarga de uso y viento. Se precomprimió el pilar de la medianera con una carga total de 150 t.

Las deformaciones verticales iniciales máximas del modelo (para Estados Límite de Servicio en combinación característica de resultados) ocurren sobre las fachadas hacia la rambla, alcanzando los 28 mm. Si se quita la precompresión del pilar, esta deformación aumenta a 38 mm.

La deformación horizontal máxima del modelo es de 30 mm, es decir, aproximadamente 1/935 de la altura del edificio. Estos valores se encuentran dentro de los límites recomendados por la normativa (Asociación Española de Normalización 2016, 140; Código Técnico de la Edificación 2019, SE-13).

La armadura superior necesaria en las vigas de la cubierta para las combinaciones pésimas de carga llega a los 62 cm²/m en la contraménsula principal y a los 32 cm²/m en la ménsula más larga (Figura 8).

Las máximas aberturas de fisuras en estas vigas alcanzan los 0,43 mm (Figura 9). Este valor supera en un 43 % las máximas aberturas de fisuras recomendadas por el Eurocódigo 2 (Asociación Española de Normalización 2016, 132).

El pilar cilíndrico resulta completamente comprimido en todas las combinaciones de cargas, a excepción de algunas zonas de los dinteles sobre los accesos a los apartamentos. Las máximas tensiones alcanzan los 1,74 kN/cm², valor muy inferior a los resultados obtenidos en los ensayos a compresión de las probetas fabricadas durante el hormigonado de dicho pilar.

En los cinco tensores que cuelgan de las ménsulas de mayor longitud, se observan esfuerzos de tracción, con valores máximos de tensión que oscilan entre 9,30 kN/cm² y 13,05 kN/cm² en los tramos superiores (Figura 10). El área de las secciones en los tramos superiores de los tres más comprometidos oscila entre el 107 % y el 125 % del área mínima necesaria. En los otros dos (el de la esquina de Bulevar España y la rambla, y el más próximo a la medianera sobre Avenida Brasil), es de aproximadamente el 174 % del área mínima necesaria.

En los dos tensores más próximos a la medianera sobre Bulevar España, ubicados en los extremos de las ménsulas más cortas, se observan tensiones de

compresión que no superan los 0,70 kN/cm² en los cinco tramos inferiores. En los tres tramos superiores, por otra parte, las tensiones de tracción no superan los 2,0 kN/cm², por lo que trabajan holgadamente.

La relevancia del diseño estructural del edificio

El edificio El Pilar tiene una imagen austera y sobria que no delata, a la mirada rápida, ni el complejo diseño de su estructura ni la alta tecnología que se necesitó para su materialización. Sin embargo, a la mirada atenta, aparece un volumen de nueve niveles 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 nueve tensores se interpone entre las áreas servidas de las viviendas de planta libre y las vistas lejanas.

Actualmente, algunas modificaciones al proyecto original nublan este carácter: la sustitución de la terraza de planta baja por un local comercial delimitado por un cerramiento vidriado que invade los retiros, con una cartelería que desdibuja las líneas de las fachadas.

La estructura fue diseñada como una escultura en tensión que desafía las leyes de la física para optimizar el aprovechamiento del predio. Puede ser tipificada como un sistema Funicular Polygon of Revolution (FPR), de acuerdo a las investigaciones del ingeniero Robert Le Ricolais. 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 apoya 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 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 primera 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, con ocho plantas suspendidas e inaugurado en 1967; el Comercial Union Building de Londres, completado en 1969 con 29 plantas colgadas; la sede del Standard Bank en Johannesburgo, inaugurada en 1968 con 28 plantas suspendidas; la Torre Pirelli en Buenos Aires, cuya construcción con 25 plantas suspendidas fue finalizada en 1975 y contó con la colaboración de Leonel Viera; o las Torres de Colón, inauguradas en Madrid en 1976, con 28 plantas suspendidas.

En todas estas obras existe al menos un núcleo central hueco de hormigón armado, que aloja las circulaciones verticales, cuya cima recibe las descargas de un sistema de vigas de hormigón armado o de acero mensuladas. En los extremos de las vigas cuelgan tensores que soportan las losas de los distintos pisos. El proceso constructivo seguido en estas estructuras fue el que el ingeniero Eladio Dieste había recomendado para El Pilar, con un encofrado deslizante para el núcleo y la fabricación de las losas desde la última planta hacia la más baja.

Riesgos y vulnerabilidades

Los riesgos adoptados en el proyecto arquitectónico y estructural del edificio, tanto desde el punto de vista técnico como tecnológico, 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, así como en las patologías que lo han afectado a lo largo de su vida y han determinado las vulnerabilidades a las que se enfrenta en la actualidad.

A poco de empezada la obra, la viabilidad de su construcción fue puesta en duda a causa de la corrosión sufrida por los alambres de precompresión durante el período de suspensión de las actividades. Hasta el día de hoy, está presente el riesgo de una rotura frágil de los alambres del pilar precomprimido,

debido al fenómeno de la corrosión bajo tensión como consecuencia de la decisión de tensarlos en un estado de conservación desconocido.

En una estructura construida con esta tecnología y emplazada frente al mar, es necesario un monitoreo continuo a efectos de detectar tempranamente lesiones que delaten el inicio de este proceso. Hoy se sabe que el acero común es muy vulnerable a la corrosión bajo tensión en ambientes marinos. La aparición de pequeñas fisuras, que pueden extenderse con mucha rapidez en contacto con agentes agresivos como los iones cloruro, puede ocasionar el fallo de una pieza, aun sin pérdida significativa de sección (Fernández 2015, 26).

Las vigas en ménsula del nivel de la cubierta son también unidades con un alto compromiso estructural. Estas piezas, al igual que el extremo superior del pilar cilíndrico que aloja el tanque de agua y la sala de máquinas, se encuentran protegidas por un recubrimiento de pastillas cerámicas que enlentecen la carbonatación del hormigón y actúan de barrera para el ingreso de iones cloruro. Sin embargo, dada la edad de la estructura, es indispensable monitorear continuamente su estado de conservación.

Los tensores de acero común son elementos cuyo compromiso estructural se incrementa con la altura. Al ubicarse por detrás de la carpintería de aluminio de las fachadas, se encuentran parcialmente protegidos del ambiente marino exterior. Sin embargo, ya han sufrido lesiones por corrosión que han sido reparadas. La disminución temporal de la sección resistente de un tramo de tensor 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.

Asimismo, 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 entresijos.

Posibles filtraciones de 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, por último, la gran vulnerabilidad de estos elementos de acero expuestos 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.

CONCLUSIONES

Luis García Pardo decía que, si algo había caracterizado su vida profesional, había sido la audacia en las concepciones. El dominio de la técnica, aseguraba, «me ha dado seguridad para volar... El arquitecto es un técnico, pero también un artista y, como tal, nunca debe cansarse de crear» (Aguirre 1974, 9).

El diseño, el cálculo y la 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 (como Dieste, Viera y 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, de gran audacia tecnológica y adelantada a su época, que se convirtió en un referente a nivel mundial para el desarrollo de edificios suspendidos.

Resulta fundamental elaborar un programa de monitoreo continuo de la estructura del edificio en su conjunto, a efectos de detectar tempranamente posibles lesiones. Los principales riesgos que 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 del nivel 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.

El estado actual de conservación del edificio es bueno y se percibe un interés de los propietarios por mantener y reparar aquellos componentes constructivos en los que se han detectado lesiones. Pero 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.

La ocurrencia de un incendio en el interior de alguna de las viviendas podría conducir, rápidamente, al fallo de toda la estructura. Por este motivo, la protección de los tensores con revestimientos ignífugos o con pinturas intumescentes es altamente recomendable.

LISTA DE REFERENCIAS

- AA.VV. 1965. Edificio El Pilar. En Revista Hábitat N° 82: 28. Marzo – Abril de 1965, San Pablo.
- Agorio, Carlos. 1962. *Resultado de la verificación de cargas en el edificio “El Pilar”*. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2379, f.17-18: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- Aguirre, Blanca. 1974. Cuando la técnica lleva a volar. Entrevista a Luis García Pardo. *El País de los Domingos*. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2237, f.9: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- Asociación Española de Normalización. 2016. Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1. Reglas generales y reglas para edificación (UNE-EN 1992-1-1). Madrid: AENOR.
- Bergdoll, Barry (ed.); Carlos Eduardo Comas (ed.); Jorge Francisco Liernur (ed.); Patricio del Real (ed.). 2015. *Latin America in Construction: Architecture 1955–1980*. Nueva York: The Museum of Modern Art.
- Cestau, Patricia. 2009. *La obra de Luis García Pardo como material de proyecto*. Tesis Final. Máster en Teoría y Práctica del Proyecto de Arquitectura. Universidad Politécnica de Cataluña. Tutor: Helio Piñón Pallares.

- Cisneros, Oto. 1999. Con la casa a cuestras. Entrevista a Luis García Pardo. *El País de los Domingos*, 14 de febrero, 13. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2237, f.1: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- Código Técnico de la Edificación. 2019. *Documento Básico SE-AE. Seguridad estructural: Acciones en la edificación*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Curran, Robert. 1960. *Oxidized wires. Edificio El Pilar*. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2378, f.22-23: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- Dieste, Eladio. 1988. *Informe sobre trabajos de conservación de tensores del "El Pilar"*. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2379, f.01: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- Fernández, José. 2015. *Comportamiento frente a corrosión bajo tensión en ambiente marino de armaduras de acero inoxidable dúplex*. Trabajo de Fin de Máster. Máster en Ingeniería de las Estructuras, Cimentaciones y Materiales. Universidad Politécnica de Madrid. Director: Dr. David Bastidas. Tutor: Prof. José Pastor.
- Gaeta, Julio. 2000a. Entrevista. *Monografías Elarqa* N° 6 (Arquitecto Luis García Pardo): 6-21. Montevideo: Editorial Dos Puntos.
- Gaeta, Julio. 2000b. Obras. Edificio El Pilar. *Monografías Elarqa* N° 6 (arquitecto Luis García Pardo): 66-69. Montevideo: Editorial Dos Puntos.
- García Pardo, Luis y Adolfo Sommer Smith. 1956. Memoria descriptiva. Edificio El Pilar. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2377, f.01-02: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- García Pardo, Luis y Adolfo Sommer Smith. 1957. Memoria descriptiva con las especificaciones y normas a seguirse para la construcción del edificio El Pilar. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2377, f.03-57: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- García Pardo, Luis y Adolfo Sommer Smith. 1960. Immeuble d'habitation "El Pilar" á Montevideo. En *L'Architecture d'Aujourd'hui* N° 91-92: LXXVII. Paris, Francia.
- Junta Departamental de Montevideo. 2005. Decreto Departamental N° 31.496 de fecha 28/09/2005.
- Kultermann, Udo. 1958. *La arquitectura contemporánea*. Barcelona: Editorial Labor S.A.
- López de Haro, Diego. 2016. *Luis García Pardo (1953-1963). El proyecto como revelación*. Tesis doctoral de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. Tutores: Helio Piñón Pallares y Cristina Gastón Guirao.
- Martínez, Edgardo, Thomas Sprechmann y Rubens Stagno. 1965. Encuesta: 1950-1965: 15 años de arquitectura en el Uruguay. *Revista CEDA* (Centro de Estudiantes de Arquitectura) N° 29: 11-32. Montevideo: CISA.
- Medero, Santiago. 2012. *Luis García Pardo*. Montevideo: Instituto de Historia de la Arquitectura, FADU, Udelar.
- Medero, Santiago. 2018. *Monumentalidad y transparencia. La Caja Nacional de Ahorros y Descuentos de Ildefonso Aroztegui, 1946-1957*. Montevideo: Gráfica Mosca.
- Merica, Ramón. 2001. Más es menos. Entrevista a Luis García Pardo. *El País*, 25 de marzo de 2001. Montevideo, Uruguay.
- Otto, Frei. 1962. *Carta dirigida al Arq. Luis García Pardo con fecha 30 de enero de 1962*. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2258, f.35: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
- Piñón, Helio. 2000. Tres proyectos ejemplares. *Monografías Elarqa* N° 6 (Arquitecto Luis García Pardo): 22-29. Montevideo: Editorial Dos Puntos.
- Ricaldoni, Julio. 1960. *Informe sobre alambre de pretensado de la estructura del edificio "El Pilar"*. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2378, f.01-21: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.

- Sbarra, Alberto. 2001. Edificio El Pilar, Montevideo, Uruguay. Luis García Pardo y Adolfo Sommer Smith arquitectos, 1955/57. *Revista 47 al fondo*, 6, 46-49. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Sprechmann, Thomas y Marcelo Danza. 2000. Disfuncionalidad y sobre-exposición. Una visión del fenómeno García Pardo. *Monografías Elarqa* N° 6 (Arquitecto Luis García Pardo): 36-45. Montevideo: Editorial Dos Puntos.
- Viera, Leonel. 1964. Estructuras colgantes de hormigón. *Revista de la Facultad de Arquitectura* N° 5: 26-29. Montevideo, Uruguay.
- Weber, Joseph. 1962. *Carta dirigida al Arq. Luis García Pardo con fecha 25 de febrero de 1962*. Archivo Arq. Luis García Pardo, Carpeta 2258, f.36-39: Centro de Documentación e Información del Instituto de Historia de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay.
-

Juan José Fontana Cabezas es Profesor Titular de Universidad adscrito al Instituto de Tecnologías de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República, en Uruguay

Citar como: Fontana Cabezas, J.J. 2023. El Pilar building by architects Luis García Pardo and Adolfo Sommer: Design and construction of a hanging structure in the Uruguayan modernity. *Revista de Historia de la Construcción* 3: 11-28. <https://doi.org/10.4995/rdhc.2023.19730>.

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