

PROYECTO INICIAL DE REHABILITACIÓN DE LA CASA PUIG I CADAFALCH EN ARGENTONA (BARCELONA, ESPAÑA)

HOUSE PUIG I CADAFALCH IN ARGENTONA, (BARCELONA, SPAIN), INITIAL REHABILITATION PROJECT

Mercé Zazurca¹, Joan Ramon Rosell², Montserrat Bosch³, Miquel Àngel Sala⁴

1. Arquitecta; 2. Dr. Arquitecto Técnico, Universitat Politècnica de Catalunya; 3. Dra. Arquitecta Técnica, Universitat Politècnica de Catalunya; 4. Arquitecto.



Remate de la fachada tras la rehabilitación / Facade finish elements after the rehabilitation

Palabras clave: Arquitectura modernista; estudios previos; criterios de intervención; hormigón de cal; patrimonio

Josep Puig i Cadafalch (Mataró 1867-Barcelona 1956), una de las figuras más polifacéticas de Cataluña, dejó un valioso legado, como es ejemplo la casa de veraneo de Argentona (Barcelona). Lamentablemente, esta casa fue deteriorándose hasta que en 2010 cayeron parte de las almenas de fachada arrastrando parcialmente la cubierta, lo que obligó a tomar una decisión provisional de estabilización y, posteriormente, a convocar un concurso de proyectos con el fin de recuperar un edificio emblemático y capital para entender la obra y el personaje de Puig i Cadafalch. En este artículo se presentan los trabajos de rehabilitación y recuperación de la cubierta como parte de un proyecto global que pretende convertir el edificio en un potente polo dinamizador de Argentona.

Keywords: Art Nouveau; preliminary studies; intervention criteria; lime concrete; heritage

Josep Puig i Cadafalch (Mataró 1867- Barcelona 1956) is one of the most multifaceted figures of Catalonia and left a precious legacy, for example the summer villa in Argentona (Barcelona). Unfortunately this house had gone deteriorating until 2010, when parts of the crenellation of the façade fell down, partly dragging the roofing, forcing to take a provisory decision to stabilize the building and then to announce a competition in order to recover this emblematic building, crucial to understand the work and the character of Puig i Cadafalch. In this paper, we present the works of rehabilitation and recovery of this cultural heritage aiming that these actions may help to turn the building into a powerful dynamic pole in Argentona.

*Texto original: castellano. Traducción al inglés: autores.



*Original text: Spanish. English translation: authors.

ANTECEDENTES

Josep Puig i Cadafalch, arquitecto, arqueólogo, historiador del arte, político, conocedor y amante de la naturaleza (fig. 1), es considerado por algunos como el último arquitecto del Modernismo catalán y el primero del Novecentismo (Banús, 2002).

Este artículo presenta el proyecto de rehabilitación de la casa de veraneo familiar ubicada en Argentona (Maresme, Barcelona), conocida como “Casa Puig i Cadafalch” (Casa PiC), que el arquitecto desarrolló a partir de la rehabilitación de tres pequeñas edificaciones adquiridas por su abuelo más una cuarta, que compró su padre (fig. 2), y que fue derribada hacia 1888 para encajar el jardín interior (Romeu, 1989).

La casa, inaugurada en 1905, fue declarada Bien Cultural de Interés Nacional (BCIN) con la categoría de Monumento en 1993 (fig. 3). Se encuentra en la popular Plaça de Vendre, un espacio

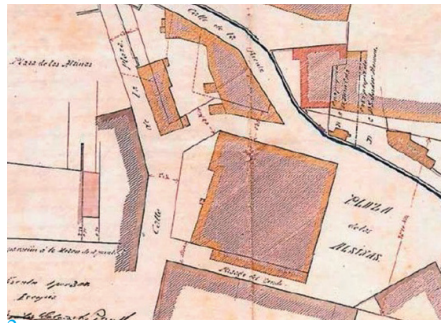
BACKGROUND

Josep Puig i Cadafalch, was an architect, archaeologist, art historian, politician, connoisseur and lover of nature (fig. 1), and considered by some to be the last architect of the Catalan Modernism and the first of the Novecentismo (Banús, 2002).

This article presents the rehabilitation project of Puig i Cadafalch family’s summer house located in Argentona (Maresme, Barcelona), known as “Casa Puig i Cadafalch” (PiC House), which the architect developed in order to recover three small buildings acquired by his grandfather, including a fourth building that his father bought afterwards (fig. 2) that was demolished around 1888 for fitting the inner garden (Romeu, 1989).



1

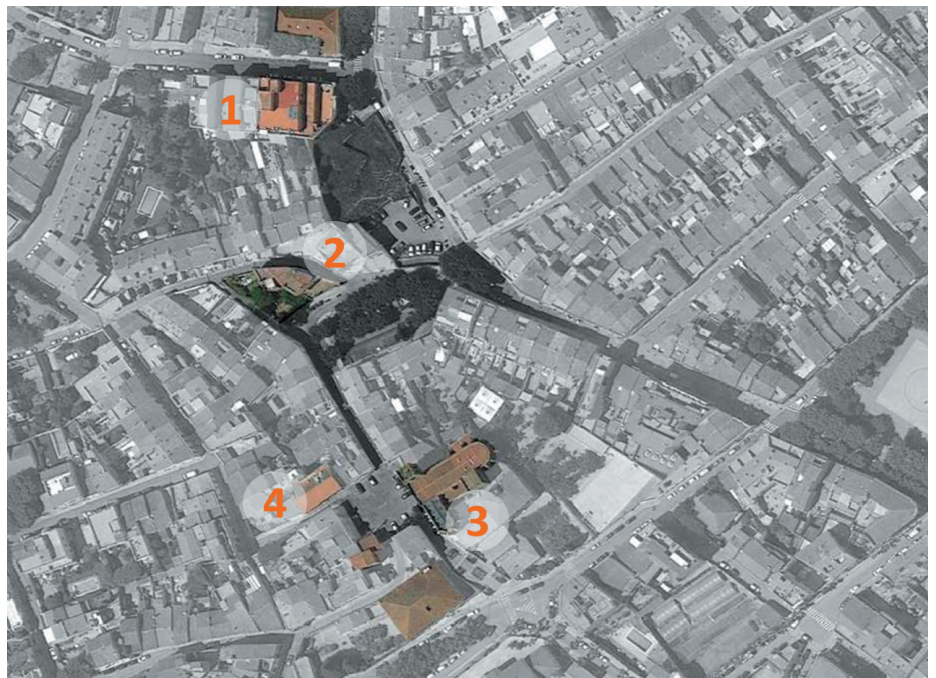


2



3

4



1. J. Puig i Cadafalch. Foto cedida por la familia
1. J. Puig i Cadafalch. Image courtesy of the family

2. Plano de la plaza de les Alzines (hoy Plaça de Vendre) y las calles de la Font (Dolors Monserdà), firmado por Emili Cabanyes (arquitecto municipal de Argentona) en 1879. Archivo Histórico Municipal de Argentona (AHMA)

2. Floor plan of the Plaza de les Alzines (today Plaça de Vendre) and Font streets (Dolors Monserdà), signed by Emili Cabanyes (Argentona’s municipal architect) 1879. Municipal Historical Archive of Argentona (AHMA)

3. Imagen extraída del Informe de la Declaración de B.I.C. RI-51-0005400, con fecha 27 de julio de 1993

3. Image taken from the RI-51-0005400 BIC Heritage Statement, dated July 27, 1993

4. Centro urbano de Argentona con el Ayuntamiento (1), la Casa PiC (2), el complejo parroquial (3), y el museo del Càntir (4). Fuente: Autores

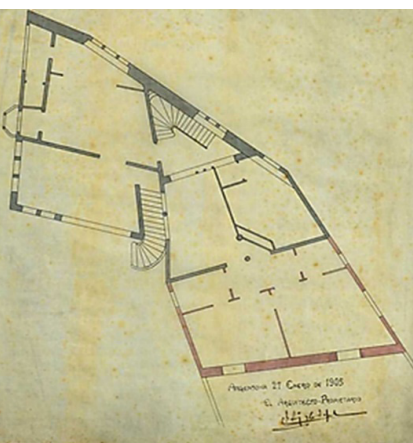
4. Photographic image of Argentona’s urban centre where the Town Hall (1), the Casa PiC (2), the parish complex (3) and the Museu del Càntir (4) are marked. Authors’ own source material



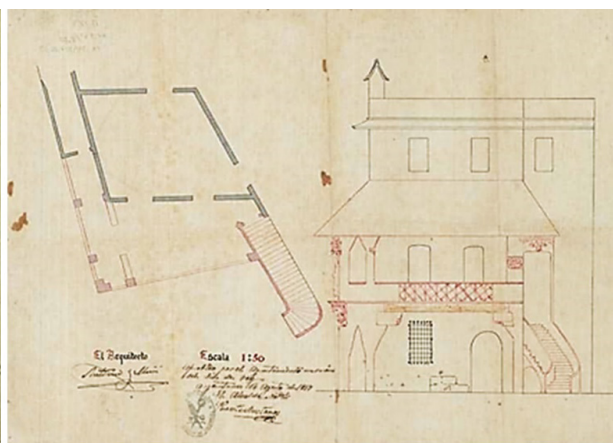
5



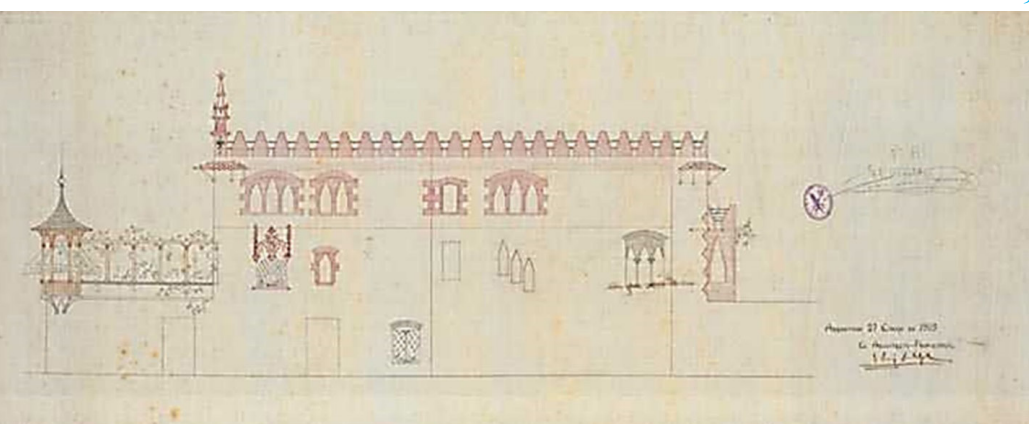
6



7



8



9

irregular que articula el centre històric de la població, cerca del Ajuntament, del conjunt parroquial de Sant Julià i del Museu del Càntir (fig. 4).

Debido al mal estado de la casa (figs. 5, 6), la bizneta del arquitecto accedió a vender la propiedad al Ayuntamiento en 2010, contentando las reivindicaciones populares que reclamaban recuperar el inmueble para el municipio.

OBJETIVOS DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN

Es interesante plantear los proyectos de rehabilitación a partir de la detección de los problemas del presente, haciendo un viaje al pasado que permita analizar los contextos, para terminar encontrando soluciones de futuro innovadoras y sostenibles en el tiempo. Y esto es lo que se ha pretendido en todo el proceso

The house, opened in 1905, in 1993 was listed as a Cultural Asset of National Interest within the category of Cultural Heritage Monument (fig. 3). It is located in the popular Plaça de Vendre, an irregular space that articulates the town's historic centre, near the Town Hall, the Sant Julià's parish complex and the Museu del Càntir (fig. 4).

Due to the poor state of the house, (figs. 5, 6), in 2010 for satisfying popular demands that had been claiming the property recovery for the municipality, the architect's great-granddaughter agreed to sell the property to the City Council.

INTERVENTION PROJECT OBJECTIVES

It is interesting to propose rehabilitation projects from the detection of current problems, travelling to the past that allows analysing the contexts for finding

5-6. Imágenes de la casa antes del inicio de los trabajos de rehabilitación, 2014. Fuente propia

5-6. Images of the house before starting the rehabilitation work. 2014. Authors' own source material

7-8. Planos originales de planta baja, planta de piso y alzado de fachada principal. Archivo Nacional de Catalunya

7-8. Original Ground Floor floor plans, Top Floor floor plan and main façade elevation. National Archive of Catalonia

9. Plano original del alzado de la casa PiC desde calle Dolors Monserdà. Archivo Nacional de Catalunya

9. Original PiC house elevation plan from Dolors Monserdà street. National Archive of Catalonia

de proyecto y obra, trabajando siempre con equipos transversales, con miradas multidisciplinares y compartiendo saberes y conocimientos. La Casa PiC fue catalogada por su valor histórico, artístico y cultural, lo que incluye los elementos de decoración, escultóricos, y los objetos consustanciales al edificio que forman parte de él o de su ornamentación (figs. 7, 8, 9).

Esta protección entraba frontalmente en conflicto con los condicionantes arquitectónicos relacionados con la accesibilidad y la seguridad estructural si se contemplaba la posibilidad de destinar la Casa PiC a usos culturales y, por lo tanto, con acceso al público. Aunque la adaptación para personas con movilidad reducida no era obligatoria, el proyecto tuvo en cuenta este primer condicionante. Por otro lado, y en cumplimiento de

los distintos Documentos Básicos (DB) del Código Técnico de la Edificación (CTE), se debían contemplar diferentes aspectos relacionados con la seguridad de los futuros usuarios:

- la seguridad estructural (DB-SE, 2009), que limitaba el acceso de público según la carga que podía soportar el sistema, con especial atención a los forjados de vigas de madera, algunas muy deterioradas;
- la seguridad de uso (DB-SUA, 2010), que comportaba un análisis de las escaleras, los desniveles y la circulación de las personas, y que en la Casa PiC era especialmente significado por el hecho de ser una suma de distintas edificaciones con una distribución tortuosa;
- y finalmente la seguridad de protección frente a incendios (DB-SI, 2010), muy relacionada con la carga de

fuego de los materiales originales, así como con la viabilidad del trazado de las vías de evacuación.

Con estas premisas, el proyecto se articuló creando dos espacios diferenciados: unas dependencias privadas en el último piso, donde casi no existen elementos ornamentales y resulta difícil de adecuar a las exigencias de accesibilidad sin intervenciones demasiado contundentes; y unas dependencias en planta baja, sin dificultades de accesibilidad, y donde se ha propuesto ubicar el centro de interpretación que dé a conocer tanto la figura de Puig i Cadafalch y su obra, como el proceso de rehabilitación de la casa y los resultados de las investigaciones que se realicen desde el centro de estudios de la planta superior.

También se pretende que la casa explique el proceso arquitectónico y constructivo de intervención, y

at the end of the project future innovative and over time sustainable solutions. And this has been the main aim during the development of the whole project and construction process, always working with transversal teams, with multidisciplinary views and sharing knowledge and knowhow. Due to its historical, artistic and cultural value that includes the decorative and sculptural elements, and consubstantial objects to the building that are part of it or its ornamentation, the PiC House was catalogued as Cultural Asset of National Interest (figs. 7, 8, 9). A direct conflict had arisen between this heritage protection regulation and the architectural constraints related to accessibility and structural safety if the possibility of allocating the PiC House for cultural uses and therefore with access to the public, was contemplated. On the other hand, and in compliance with

the different Basic Documents (DB) of the Spanish Technical Building Code (CTE), different aspects related to the safety of future users should be considered, such as:

- The structural safety (DB-SE, 2009), which restricts public access according to the loads that can be supported by the structural system, with special attention to wooden beam slabs, some of which were very deteriorated.
- The safety of use (DB-SUA, 2010), which involved an analysis of the stairs, the floor unevenness, and the circulation of people, which was especially important in the PiC house due to the fact that it is a sum of different buildings with a tortuous distribution);
- and finally, the fire safety protection basic document (DB-SI, 2010), which is closely related to the fire load capacity of the original materials, as well as to the design of a viable evacuation route.

With these premises, the project was fit together by creating two differentiated spaces, private units located on the top floor, where there were almost no ornamental elements and it was difficult to adapt to the accessibility requirements without undergoing blunt interventions, and on the ground floor were located some units that did not have any accessibility difficulties, which were proposed for locating the interpretation centre to make the public aware of both the figure of Puig i Cadafalch and his work, as well as the process of rehabilitation of the house and the results of the researches that are carried out by the Centre of Studies on the upper floor. It is also intended that the house explains the architectural and constructive aspects of the intervention and serves to put in

sirva para poner en valor una filosofía de trabajo basada en la colaboración multidisciplinar. Consideramos que edificios singulares como el que nos ocupa deben ponerse al servicio del conocimiento, tanto como objeto de estudio mientras se investiga o se realizan las tareas de restauración, como una vez finalizados los trabajos y el edificio pasa a desempeñar una función pública y social.

En este sentido es destacable la implicación de un equipo de trabajo universitario, como ente de investigación público y con una doble intencionalidad: propiciar que la investigación que se desarrolla desde la universidad se acerque a los problemas de los casos reales, y que la propia universidad tenga acceso a participar en proyectos singulares porque con ello se avanza en el conocimiento.

value a working philosophy based on multidisciplinary collaboration. The authors consider that singular buildings such as the one in question should be placed at the service of knowledge, both as an object of study during the research process, or when carrying out restoration tasks, as well when the work is over and the building happens to have a public and social function.

In this sense, it was remarkable that the University had incorporated to the project's team as a public research entity with a double intention: on the one hand, to encourage the research done from the University to approach to real case problems; and on the other, the University itself has access to participate in singular projects because doing it, advances in knowledge.

EL PROCESO DE REHABILITACIÓN Y SUS COMPLEJIDADES

A partir del episodio de vientos que tuvo lugar en enero de 2010, la propiedad decidió recoger los elementos desprendidos (almenas y pináculos), desmontar los que aún se mantenían en pie y guardarlos convenientemente. Como medida complementaria, el Departamento de Cultura y Medios de Comunicación de la Generalitat de Catalunya encargó la dirección y coordinación de distintos trabajos de especialistas para la posterior redacción de un dictamen de diagnóstico del estado de la casa y las propuestas correctoras para restaurar el edificio y su jardín.

Para realizar el proyecto de rehabilitación de la Casa PiC, fase I, y una vez analizada la documentación existente, se consideró necesario realizar nuevos estudios

THE REHABILITATION PROCESS AND ITS COMPLEXITIES

From the wind episode in January 2010, the property decided to gather the loose elements (battlements and pinnacles), disassemble those that were still standing and store them conveniently. As a complementary measure, the Department of Culture and Communication Media of the Catalan Government have commissioned specialists the direction and coordination of different jobs for the subsequent drafting of an opinion on the current conditions of the house and the corrective proposals for restoring the building and its garden.

To carry out the Rehabilitation Project of the PiC House, Phase I, and once the existing documentation was analysed, new complementary studies to determine the constructive characteristics of the whole project were considered necessary:

- A campaign to characterize load bearing

complementarios para determinar las características constructivas del conjunto:

- una campaña de caracterización de los sistemas de paredes estructurales y cimentaciones (Codex, 2014);
- un informe del estado de conservación de la estructura de madera (Incafust, 2014);
- un análisis cromático de los elementos de cubierta (Angkor, 2014);
- el estudio de los elementos ornamentales del edificio, con su descripción, el estado de conservación y la propuesta de intervención (Ajuntament d'Argentona, 2012);
- una campaña de catas y una caracterización mecánica mediante resistógrafos, con identificación de las especies de maderas (Montón, Rosell, 2014).

También se consultaron los archivos documentales, donde se localizaron croquis y esbozos originales (figs. 7, 8 y 9), el parcelario de 1879 en el que

wall and foundation systems (Codex, 2014);

- A report on the state of conservation of the wooden structure (Incafust, 2014);
- A chromatic analysis of roof elements (Angkor, 2014);
- The study of the building's ornamental elements, with their description, state of conservation and intervention proposal (Ajuntament d'Argentona, 2012);
- A testing campaign and a mechanical characterization through resistors, and identification of wood species (Montón, Rosell, 2014).

Documentary archives were also consulted, original sketches and drafts were located (Fig. 7, 8 and 9), the 1879 plot map where the house already existed and the relationship of the plot with the adjoining stream, the collection of photographs that Francesc Català-Roca made when he was commissioned by the Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (they were shown for the

ya existía la casa y la relación de la parcela con la riera colindante, la colección de fotografías que hizo Francesc Català-Roca por encargo del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, y que se mostraron por primera vez en 1966, e incluso las notas del propio arquitecto Puig i Cadafalch, recogidas en sus Memorias:

«Tota la vida he cercat una certa asimetria en la composició i m'ha plagut més reformar una casa vella (...) que fer una casa nova amb son portal i son pati central tot ben escairat i eurítmicament disposat, i quan em vaig poder fer una casa d'estiu, vaig aprofitar uns casots d'Argentona fets del meu besavi, unint-los com vaig poder, en què no hi havia cap racó en angle recte i les bigues velles són tortes i irregulars com venint

first time in 1966), and even the notes of the architect PiC made by himself, collected in his Memoirs:

«All my life I have looked for a certain asymmetry in the composition and I have preferred to reform an old house (...) than to make a new one with its doorway and central courtyard, all well squared and eurhythmically arranged, and as soon as I could make myself a summer house I took advantage of some Argentona shanty houses built by my great-grandfather, joining them together as I could, where there was not a right angle corner and the old beams were twisted and irregular as coming directly from the woods or from the stream bank»¹ (Puig i Cadafalch, 2003).

Given the complexity of the project and budgetary constraints, the restoration

directament del bosc o del mot de la riera»¹ (Puig i Cadafalch, 2003: 11-12).

Dada la complejidad del proyecto y las limitaciones presupuestarias, la restauración de la casa se planteó en distintas fases: la fase I, ya finalizada y objeto de este artículo, ha consistido en garantizar la estabilidad estructural del conjunto, recuperando la estanquidad de las cubiertas y evitando mayor perjuicio a la estructura de madera policromada, y en la recuperación y restauración de todos los elementos ornamentales de cubierta. Las fases siguientes, fase II Envolvente y fase III Interiores y Jardín, comprenderán el resto de tareas de recuperación que permitan devolver a la casa sus valores patrimoniales, adaptándola a Casa Museo y futuro Centro de Investigación e Interpretación.

of the house was organized in different phases: Phase I, already completed, that is the subject matter of this article, consisted of guaranteeing the structural stability of the whole, recovering the roof's water tightness avoiding further damage to the polychrome wood structure, and recovering and restoring all ornamental roof elements.

The subsequent phases, phase II Building Envelope, and phase III Interiors and Garden, will consist of performing the rest of the recovery tasks that will enable recuperation of the PiC House's heritage values, adapting it for use as the PiC House Museum and future Research and Interpretation Centre.

PHASE I: RESEARCH, DESIGN AND ROOFING PROCESS

The house, divided into three floors plus a small basement, has maintained

FASE I: INVESTIGACIÓN, DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS CUBIERTAS

La casa, dividida en tres plantas más un pequeño sótano, mantuvo la estructura original con una compleja distribución interior a distintas alturas y espacios pequeños y compartimentados. Tal y como Puig i Cadafalch apuntaba, la casa familiar se construyó a partir de la adhesión de tres construcciones previas, que unificó mediante distintas estrategias como los apeos para abrir huecos en las medianeras o el elemento ornamental de las almenas, que recorre toda la fachada con soluciones -a veces- poco ortodoxas (fig.10). La intervención debía asegurar, y a ser posible mejorar, las condiciones de estabilidad del edificio. Dado que la cubierta se encontraba en condiciones precarias, se previó la sustitución de todos los elementos que la definían, y se proyectó una nueva cubierta que garantizase las exigencias de

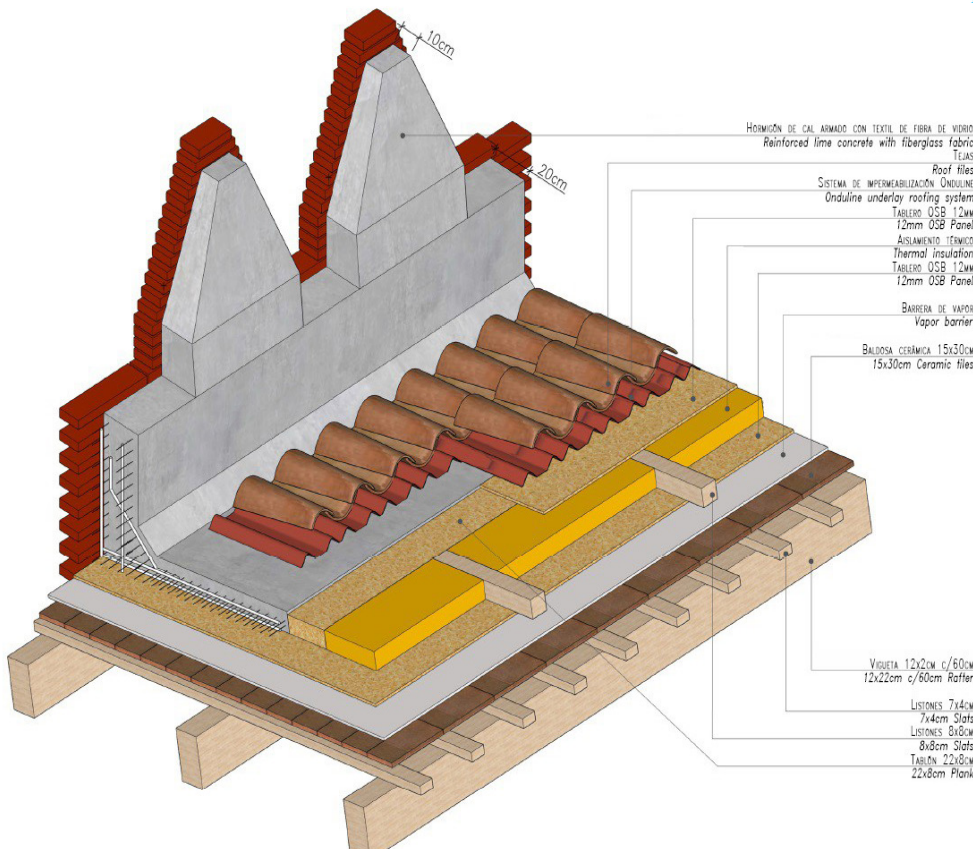
the original structure, with a complex interior layout at different heights, and small compartmentalized spaces. As Puig i Cadafalch pointed out, the family home was built from the joining of three previous buildings that he unified through different strategies such as using a scaffolding to open gaps in the party walls or the ornamental element of the battlements, which runs through the entire façade with sometimes unorthodox solutions (fig. 10).

The intervention should ensure, and if possible improve, the stability conditions of the building. Since the roof was in precarious conditions, the replacement of all the elements that defined it was envisaged, and a new roof that should ensure current comfort requirements without deteriorating or modifying its appearance, was designed. It was decided to rebuild it by replicating original



10

11



confort actuales sin deteriorar o modificar su aspecto. Se optó por rehacerla replicando los materiales originales, madera y cerámica pero de manera que el conjunto tuviese un comportamiento más monolítico.

Al forjado de cubierta de viguetas de madera se le añadieron unos listones entre viguetas y unos tableros conglomerados de virutas orientadas (*Oriented Strand Board, OSB*) que conectan el conjunto, dando lugar a un plano monolítico o diafragmático que, junto con las fachadas, actúa de elemento estabilizador frente a las acciones horizontales, minimizando las deformaciones en la cabeza de los muros (fig. 11).

El conjunto ornamental de las almenas dio problemas desde el principio y ya el propio Puig i Cadafalch realizó alguna actuación para mejorar su inercia, como la colocación de varillas de acero por la cara interior y un trasdosado de rasillas “a bofetón” a modo de protección, que con

materials, wood and ceramics, but in such a way that the whole had a more monolithic performance.

Some wood strips between joists and some oriented strand boards (OSB) were added to the timber joist roof deck that connect the whole, giving rise to a monolithic plane, or diaphragm that, together with façades, acts as a stabilizing element when exposed to horizontal actions and minimizes deformations in the head of the walls (fig. 11).

The ornamental set of battlements had created problems from the beginning and already Puig i Cadafalch himself carried out some actions to improve its inertia, such as the placement of steel bars on the interior side of the walls clad with ceramic tiles, which have not prevented corrosion. (fig. 12).

Certainly it was possible to verify that battlements did not comply with current

todo no han evitado la corrosión (fig. 12).
Ciertamente se pudo comprobar que las almenas no cumplían con las actuales exigencias del CTE en cuanto a las acciones de viento, y aunque en proyectos de restauración del patrimonio arquitectónico se puede justificar la limitación de las acciones, el problema de inestabilidad al vuelco de los elementos ornamentales afectaba a la vía pública, por lo que se consideró imprescindible cumplir la normativa vigente.

También se realizó un modelado a partir de la discretización de los planos en elementos finitos, para poder comprobar que el efecto diafragma pretendido con la sustitución de la cubierta garantizaba la estabilidad de las fachadas frente a las acciones horizontales del viento (fig. 13). Para asegurar la estabilidad de las almenas, se estudiaron distintas soluciones con las siguientes premisas:

requirements of the Spanish building codes regarding wind actions, and although in architectural heritage restoration projects actions limits can be justified, the overturning stability problem regarding ornamental elements would affect public roads, so it was considered essential to comply with current regulations.

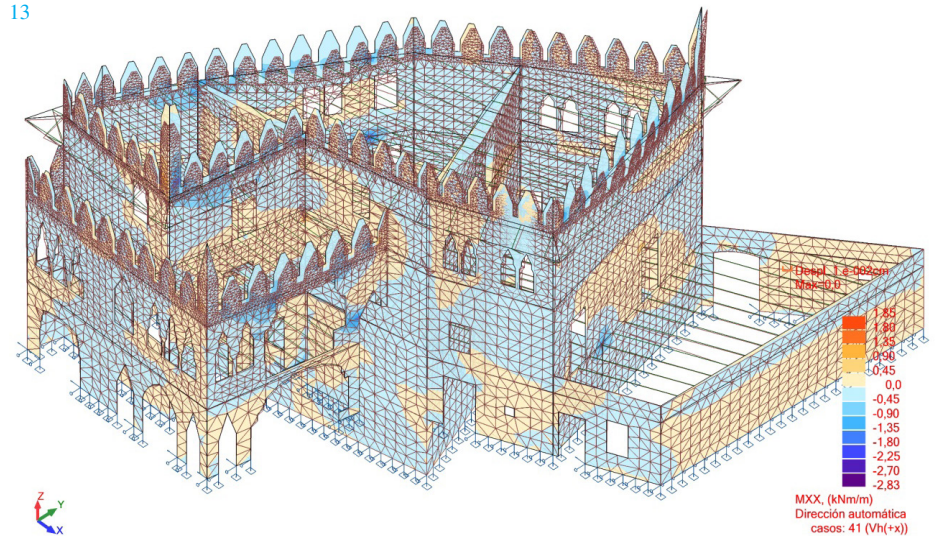
A computer model was also carried out from the discretization of planes through the finite element method; in order to verify that with the replacement of the roof, the intended diaphragm effect would guarantee the façades stability to resist wind horizontal actions (fig. 13). To guarantee the stability of the battlements, different solutions were studied based on the following premises:

- Lightweight and small section elements;
- Computer simulations based on mathematical models using structural stability hypothesis, subject to wind actions



12

13



10. Imagen del proceso de restauración en el momento de desmontar parte de las almenas construidas directamente sobre el tejado, 2016. Fuente propia

10. Image of the restoration process at the time of disassembling part of the battlements that were built directly on the roof. Authors' own source material. 2016

11. Detalle de la solución de cubierta y el encuentro con los elementos de consolidación de los remates de fachada, 2016. Fuente propia

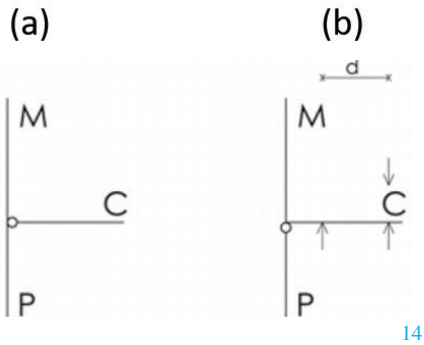
11. Detail of roofing solution and the joining with the façade finishes consolidation elements. Authors' own source material. 2016

12. Detalle de las almenas de la casa antes de la rehabilitación. Se observa el refuerzo de las almenas realizado por el propio Puig i Cadafalch, 2014. Fuente propia

12. Detail of the house battlements before rehabilitation. The reinforcement of the battlements carried out by Puig i Cadafalch himself can be observed. Authors' own source material. 2014

13. Modelización del comportamiento de la casa frente al viento. Fuente propia. Software Robot

13. Performance modelling of the house against wind. Authors' own source material. Robot Software



14

- elementos de poco peso y sección;
- simulaciones de cálculo a partir de modelos matemáticos con hipótesis estructuralmente estables, sometidas a acciones de viento, que originan esfuerzos de flexión y que únicamente encuentran resistencia por los esfuerzos de compresión derivados del peso propio;
- cumplimiento de las reglamentaciones actuales de seguridad para elementos expuestos a la vía pública.

Los modelos estructurales considerados en el proceso de diseño, una vez asumidos los problemas de estabilidad, fueron dos:

- Considerar las almenas (M) empotradas en los muros del nivel inmediatamente inferior (P) y definir una articulación en el encuentro con la cubierta (C) (fig. 14a).
 - Considerar una relación rígida entre almena (M) y cubierta (C) y una articulación con los muros inferiores (P) (fig. 14b).
- De las dos opciones, finalmente se consideró

que la más adecuada era la que garantizaba un empotramiento entre el plano de las almenas y el de la cubierta (Fig. 14b) por varias razones: por una mayor facilidad constructiva, porque aseguraba mejor su correcta ejecución, y porque proporcionaba mayor rigidez dada la geometría en ángulos diversos de los encuentros con las fachadas. Para conseguir la estabilidad de las almenas y la posibilidad de obtener el comportamiento bidireccional sin incrementar significativamente la sección ni su peso, se incorporó además un zuncho perimetral en forma de L, capaz de soportar esfuerzos a flexión en dos direcciones, y de ofrecer continuidad estructural con el diafragma de madera que conforma el plano de cubierta (fig. 11).

Durante la búsqueda de soluciones (fig. 15) había que dar respuesta además a tres cuestiones fundamentales que han acabado siendo decisivas. Por un lado, la

which give rise to bending stress that is set to only resist compressive stress derived from their own weight;

- Compliance with current safety regulations regarding elements exposed to public roads.

Once the stability problems were taken on, in the design process there were two structural models envisaged:

- To consider the battlements (M) embedded in the immediately lower storey's walls (P) and to define an articulation in the joining with the roofing deck (C). (fig. 14a)
- To consider a rigid relationship between battlement (M) and the roofing deck (C) and an articulation with the lower storeys' walls (P) (fig. 14b).

From the two options, it was finally considered that the most appropriate was the one that guaranteed an

embedment between the battlements' plane and the roof deck plane (fig. 14b) for several reasons: because it provides greater ease of construction, because it better ensured its correct execution and because it provides greater rigidity given the geometry at different angles of the joining with the façades.

In order to achieve the stability of the battlements and the possibility of obtaining the bidirectional performance without significantly increasing the section or its weight, an L-shaped perimeter strap was also incorporated, capable of supporting bending stresses in two directions and having structural continuity with the wooden diaphragm that forms the roof plane (fig. 11).

During the solutions search (fig. 15) there were also three fundamental issues that have been decisive. On the

14. Esquemas estructurales (a) y (b) de las dos tipologías de refuerzo (M: almena; C: cubierta; P: muro). Elaboración propia

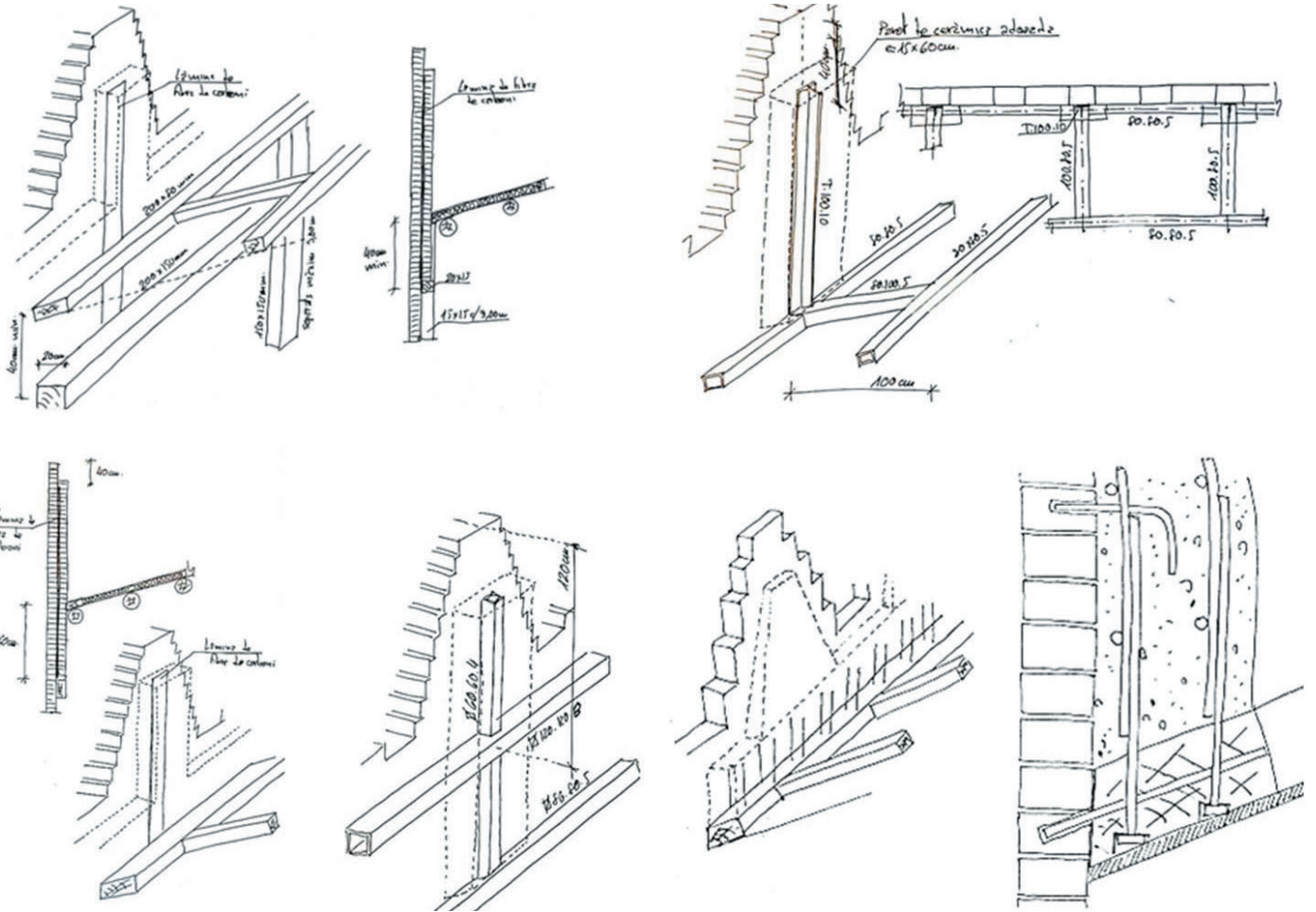
14. Structural diagrams (a) and (b) of the two reinforcement typologies (M battlement; C roof deck; P wall). Authors' own source material

15. Distintas propuestas de solución para el encuentro de cubierta con los elementos de consolidación de los remates de fachada. Elaboración propia

15. Different solution proposal for the roof joining with the façade finishes consolidation elements. Authors' own source material

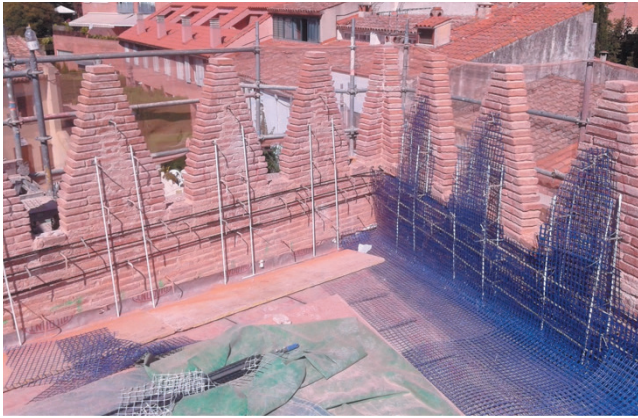
16. Imágenes del proceso de ejecución: armaduras de fibra de vidrio y resina (color blanco), malla de fibra de vidrio y resina (color azul) y vertido manual del hormigón de cal, 2016. Fuente propia

16. Images of the execution process: fiberglass and resin reinforcements (white colour), fiberglass resin mesh (blue colour) and "manually poured lime concrete". Authors' own source material, 2016



15

16



compatibilidad entre materiales nuevos y existentes, con el fin de evitar reacciones químicas que pudiesen perjudicar a las almenas o que introdujesen distintas rigideces y modificasen el comportamiento y la transmisión de cargas hacia los muros de carga de fachada. Por otro lado, garantizar la durabilidad de los nuevos materiales, de manera que fuesen estables por sí mismos en el tiempo y además no generasen nuevas lesiones que pudieran ocasionar desperfectos en las almenas e incluso acelerar su degradación. En tercer lugar, la solución a adoptar debía ser lo menos invasiva posible.

Por todo ello, se consideró que el material más adecuado a emplear debía ser un aglomerante de cal hidráulica. Este material

no presenta problemas de incompatibilidad química con las fábricas de ladrillo tradicionales y no aporta elementos susceptibles de formar sales como ocurre con el cemento Portland (CP). Sin embargo, no puede garantizar la durabilidad de las armaduras comerciales de acero, por lo que hubo que sustituirlas por mallas y barras de fibra de vidrio resistente a los alcalinos (Rosell, J.; Bosch, 2018), (De La Rosa Ortiz, G.A, 2016).

La solución adoptada ha supuesto otra serie de ventajas: funciona como zuncho solidarizando el conjunto; permite generar un pasillo perimetral para el mantenimiento de la cubierta; y funciona como canal de recogida de aguas. Constructivamente, el uso de un

material como es el hormigón de cal, al que se puede dar forma *in situ*, permite resolver los problemas existentes de geometría en los encuentros entre planos horizontales, inclinados y verticales, que generaban distintas cotas y ángulos. Allí donde los elementos ornamentales estaban menos expuestos al viento y se encontraban en espacios accesibles como las terrazas, se ha reproducido el elemento original de Puig i Cadafalch a partir de rasillas “a bofetón” que han funcionado como encofrado perdido durante el vertido del hormigón de cal (fig. 16).

REFLEXIONES

El uso de modelos matemáticos permite encontrar soluciones estructurales sencillas que a su vez resuelven distintos problemas.

one hand, the compatibility between new and existing materials, in order to avoid chemical reactions that could damage the battlements or introduce different rigidities and modify the performance and the load transmission towards the façade load bearing walls. On the other hand, it guarantees the durability of the new materials so that they were stable by themselves on the time and also did not generate new harms that could cause damage to the battlements and even accelerate their degradation. Thirdly, the solution to be adopted should be as less invasive as possible.

For all those reasons, it was considered that a hydraulic lime binder was the most suitable material to be used. This material does not present chemical

incompatibility problems with traditional clay brick masonry and does not provide elements capable of forming salts, such as does Portland cement (PC). However, it cannot guarantee the durability of commercial steel reinforcements, so those had to be replaced by alkaline resistant fiberglass mesh and bars (Rosell, J.; Bosch, 2018), (De La Rosa Ortiz, GA, 2016).

The adopted solution has led to another series of advantages: it works as a strap by consolidating the whole; allows generating a perimeter corridor for the roof maintenance; and also works as a rain water collector channel. Constructively, the use of a material such as lime concrete, which can be shaped in-situ, allows solving

existing geometric problems, such as the generation of different heights and angles in the joining between horizontal, inclined and vertical planes. There where ornamental elements were less exposed to wind and they were in accessible spaces such as terraces, the original Puig i Cadafalch's element was reproduced from ceramic bricks placed using the “knock down” technique, that have served as lost formwork during the lime concrete pouring. (fig. 16).

REFLECTIONS

The use of mathematical models allows to finding simple structural solutions that in turn solve different problems. In this sense, the solution of an L-perimeter strap made of lime concrete with fiberglass

En este sentido, la solución de un zuncho perimetral en L de hormigón de cal con refuerzo de malla de fibra de vidrio garantiza: la compatibilidad entre los materiales originales y los nuevos, la durabilidad del refuerzo estructural y la seguridad del elemento ornamental en fachada.

Esta solución, pensada y diseñada con la tecnología y el nivel de exigencia habituales para el hormigón armado de cemento Portland, por su compatibilidad material, propicia un gran potencial en obras de restauración.

Pero las soluciones que acaban siendo sencillas necesitan de acuerdo, negociación e intercambio de conocimientos. La discusión y la visión multidisciplinar del problema desembocan normalmente en la solución más eficiente y eficaz. 🏛️

mesh reinforcement guarantees: the compatibility between the original and new materials, the durability of the structural reinforcement and the safety of the façade ornamental element.

This solution, thought and designed with the usual technology and a requirement level for Portland cement reinforced concrete, is compatible with the PiC original materials, so that lime concrete with fiberglass mesh reinforcements can be considered to have a great potential in restoration works.

But solutions that end up being simple, requires agreement, negotiation and knowledge-sharing. The problem's multidisciplinary discussion and vision usually leads to the most efficient and effective solution. 🏛️

AGRADECIMIENTOS

ACKNOWLEDGMENTS:

Los trabajos de investigación relacionados con este proyecto han sido parcialmente financiados por el Grupo de Investigación GICITED de la Universitat Politècnica de Catalunya-UPC / Research work related to this project was partially supported by The GICITED Research Group of the Polytechnic University of Catalonia-UPC.

BIBLIOGRAFÍA / REFERENCES

AJUNTAMENT D'ARGENTONA: *Avantprojecte per l'adequació de la Casa Puig i Cadafalch d'Argentona com a casa Museu*. Inédito, 2012.

ANGKOR, Estudi: *Estudis dels elements ornamentals i estat de conservació i tractaments de la casa d'estiueig de Puig i Cadafalch*. Inédito, 2014.

BANÚS, J.; ET AL.: *Josep Puig i Cadafalch: el llegat d'un renaixentista contemporani a Mataró i Argentona*. Ajuntaments de Mataró i Argentona, Mataró y Argentona, 2002.

CODEX: *Memòria de la intervenció arqueològica a Can Puig i Cadafalch Plaça de Vendre, s.n. Argentona (Maresme)*. Arqueologia i Patrimoni, Inédito, 2014.

DB-SE Documento básico SE: *seguridad estructural*. Ministerio de Fomento, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid, 2009. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE.pdf> [Consulta: 19 marzo 2019].

DB-SI Documento básico SI: *seguridad en caso de incendio*. Ministerio de Fomento, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid, 2010. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadIncendio/DBSI.pdf> [Consulta: 19 marzo 2019].

DB-SUA Documento básico SUA: *seguridad de utilización y accesibilidad*. Ministerio de Fomento, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid, 2010. Disponible en: [\[stories/pdf/seguridadUtilizacion/DBSUA.pdf\]\(https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadUtilizacion/DBSUA.pdf\) \[Consulta: 19 marzo 2019\].](https://www.codigotecnico.org/images/</p></div><div data-bbox=)

DE LA ROSA ORTIZ, G.A.: *Comportamiento mecánico de hormigones a base de mortero de cal y barras de fibra de vidrio para su implementación en rehabilitaciones del patrimonio edificado*. Proyecto Final de Máster en Ingeniería d'Edificació, Universitat Politècnica de Catalunya, 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/87920>.

INCAFUST - INSTITUT CATALÀ DE LA FUSTA: *Informe d'estat de conservació de l'estructura de fusta*. Inédito, 2014.

MONTÓN, J.; ROSELL, J. R.: *Campanya d'investigació complementària als estudis previs per determinar les característiques constructives de l'habitatge d'estiueig Puig i Cadafalch a Argentona*. Inédito, 2014.

PUIG I CADAFALCH, J.: *Memòries*. Publicacions de l'Abadia de Montserrat, Barcelona, 2003.

ROMEJÓ, J.: *Josep Puig i Cadafalch: obres i projectes des del 1911*. Tesis Doctoral, Departament de Projectes Arquitectònics, Universitat Politècnica de Catalunya, 1989. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/109354>.

ROSELL, J.R.; BOSCH, M. "Hormigones de cal: nuevos "viejos" materiales". en: *Jornadas del Fòrum Ibèric de la Cal: tradició, versatilitat e innovació en la cal: un material de excelència. VI Jornadas FICAL*. 2018, p. 82-92. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/118912>.

NOTAS / NOTES

1. *Memòries*, pp. 11-12

"Toda la vida he buscado una cierta asimetría en la composición y he preferido reformar una casa vieja (...) que hacer una nueva con su portal y su patio central todo bien escuadrado y rítmicamente dispuesto, y en cuanto pude hacerme una casa de veraneo aproveché unas casuchas de Argentona que hizo mi bisabuelo, uniéndolas como pude, en donde no había ni un rincón en ángulo recto, con vigas irregulares y torcidas, como si vinieran directamente del bosque o del margen del torrente"