

LAS BÓVEDAS TABICADAS DE LAS MAISONS JAOL: AUTENTICIDAD Y TRADICIÓN TÉCNICA

THE MAISONS JAOL'S CERAMIC VAULTS:
AUTHENTICITY AND TECHNICAL TRADITION

ESTEFANÍA MARTÍN-GARCÍA

ORCID: 0000-0002-4359-7164

Universidad Politécnica de Cataluña,

Escuela Técnica Superior de

Arquitectura de Barcelona

estefania.martin@upc.edu

Cómo citar:

MARTÍN-GARCÍA, E. (2023). Las bóvedas tabicadas de las Maisons Jaoul: autenticidad y tradición técnica. *Revista de Arquitectura*, 28(45), 9-31. <https://doi.org/10.5354/0719-5427.2023.71124>

Recibido:

2023-06-23

Aceptado:

2023-09-29

RESUMEN

Las Maisons Jaoul fueron erigidas entre 1954 y 1956 en un momento de auge tecnológico de la construcción en hormigón armado. Estas viraban del purismo tectónico y de los cinco puntos de Le Corbusier hacia una nueva-vieja máquina de habitar, aunando técnicas y dejando atrás los planos cartesianos y niveos. Las bóvedas rebajadas de cañón, los muros de carga y la desnudez de los materiales en Neully provocaron que los críticos del genio moderno considerasen las Jaoul un experimento regionalista. El presente artículo estudia los motivos técnicos y teóricos de dicha arquitectura a través del análisis de las técnicas y de las obras previas del arquitecto. Se hallará respuesta constructiva al contrarresto de las bóvedas a través de la interpretación de los croquis, planos y cálculos que realizó Le Corbusier. Las conclusiones pondrán de manifiesto la importancia del diseño constructivo en el proyecto, así como las divergencias resultantes del proceso proyectual y la realidad construida.

PALABRAS CLAVE

Bóvedas tabicadas, cáscara, Movimiento Moderno, Maisons Jaoul, obra de fábrica armada

ABSTRACT

The Maisons Jaoul were erected between 1954 and 1956 at a time of technological boom in reinforced concrete construction. These houses moved away from tectonic purism and from the Le Corbusier's five architectural points, proposing a new-old machine for living, with various techniques and abandoning the cartesian planes and white houses. The lowered barrel vaults, the load-bearing walls and the exposure of the materials caused disagreement among critics of the modern genius, who considered the Jaoul a regionalist experiment. This paper studies the technical and theoretical criteria of the houses through the analysis of the techniques and previous works of the architect. It will find a response to the structural steel tie bar of the Jaoul vaults through the interpretation of the sketches, plans and calculations made by Le Corbusier. The conclusions will highlight the importance of the constructive design, the changes during the project process and the built reality.

KEYWORDS

Ceramic vaults, shell, international style, Maisons Jaoul, reinforced masonry

INTRODUCCIÓN

Tras la Gran Guerra, el lenguaje clásico de la arquitectura entró en crisis con la profesionalización del desempeño arquitectónico a través de los sistemas constructivos patentados. Finalizada la Segunda Guerra Mundial, la puesta en uso de dichas innovaciones representó una revolución técnica que desencadenó en la arquitectura racional (técnica y función) vaticinada por Viollet-le-Duc a mediados del s. XIX. Cuya interpretación estructural, que entendía el Gótico como un 'monumento-máquina' (Viollet-le-Duc, 2004), sería adoptada por Le Corbusier con la *machine à habiter*.

A través del estudio de caso, se mostrará el viraje natural de la obra de Le Corbusier al enfrentarse al dilema de la vivienda de posguerra. Para ello desplazó la *machine*, propuso un nuevo hombre de Vitruvio e intentó aplicar un tipo constructivo más sostenible y económico. El presente artículo pretende demostrar que las bóvedas de las Maisons Jaoul fueron un intento fallido.

CONTEXTO HISTÓRICO Y TECNOLÓGICO

Atemporalidad tectónica

La mejor forma de resumir en pocas palabras los logros arquitectónicos de Le Corbusier es decir que revolucionó completamente la arquitectura moderna tal como la había encontrado, que la puso cabeza abajo. Se encontró con hombres como Behrens y Perret que intentaban dominar el caos de la ingeniería empírica y la construcción industrial disciplinándolas en un entramado de diseño clásico. Le Corbusier desechó este entramado y dejó que las formas industriales hablaran su propio lenguaje, a menudo extravagante; pero ejerció un control más formidable y eficaz que el de los órdenes simbólicos de Behrens y Perret mediante la aplicación de lo que llamó “*tracés regulateurs*”, o líneas de control. Al hacerlo, Le Corbusier reasumía un género de control que nunca se había olvidado por completo pero que pertenece esencialmente al Renacimiento y fue un factor fundamental de las obras de Alberti y Palladio (Summerson, 1979, p. 88).

La cita anterior de Summerson resume el ejercicio dual de Le Corbusier al relacionar la ingeniería empírica con la regularidad compositiva de sus obras, y vinculándolas con la de los grandes genios del Renacimiento. La historiografía de la arquitectura del s. XX ha apuntalado esta máxima a través de los paralelos hallados en los estudios de Rudolph Wittkower y Colin Rowe¹ (Rowe, 1978), entre otros.

A nivel constructivo, las primeras villas de Le Corbusier parecían buscar una línea purista y monomaterial, sin embargo, todas estas edificaciones se habían erigido con sistemas de construcción mixta (Corres, 2002), ya que las losas lisas de hormigón (Simonnet, 2009) eran una quimera a principios del s. XX (Pettrignani, 1973), y solo se hallan patentes de forjados nervados que para ser ‘lisos’ en la cara inferior necesitaban de cielorrasos² (Ford, 1996). Para evitar dicho ornato, que ocultaba la auténtica tectónica, Le Corbusier se valió de sistemas mixtos de hormigón y obra de fábrica cerámica, con estructura porticada de jácenas y pilares de hormigón armado, pero con forjados unidireccionales de cerámica armada *in situ* y cerramientos de ladrillo. Todo ello perfectamente enfoscado, revocado, enlucido y pintado con “lechada de cal” (Le Corbusier, 1998), contribuyendo al misticismo cubista de su ejecución.

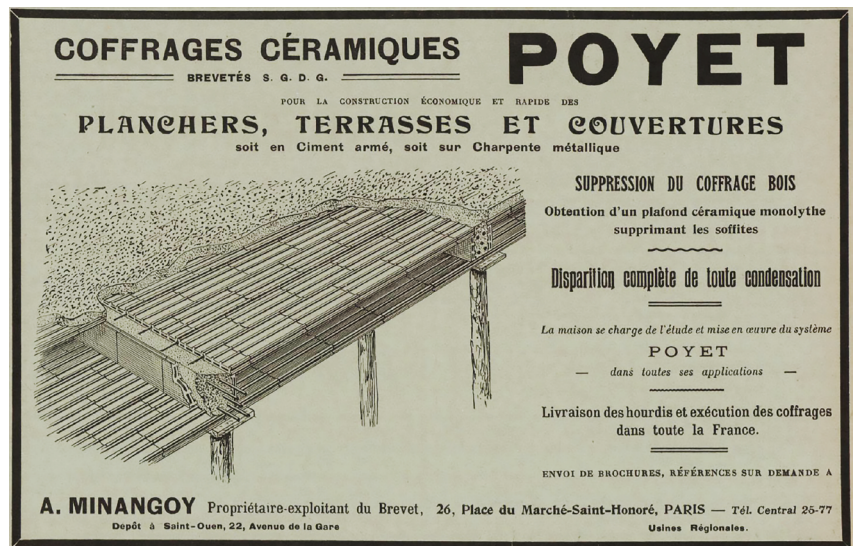
La Ville La Roche (1923), la Ville Cook (1924), la Ville Savoye (1929), las villas que construyó en Pessac (1924-1926) y las de Weissenhofsiedlung (1926-1927) disponían de esta tipología de forjado, que podría considerarse una losa aligerada basada en cerámica armada, cuya ejecución estaba desprovista de encofrado y permitía asumir luces de entrevigado de 1m de longitud (Figura 1).

¹ Respecto de los patrones *palladianos* que halló en la esquematización de las plantas de las villas de Le Corbusier, que investiga durante su tesis doctoral y que recoge el libro *Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*, cuya versión en castellano es *Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos* (1978).

² Para saber más ver Levi, 1929.

FIGURA 1

Anuncio en la revista creada en junio de 1898 por la firma de Hennebique



Así pues, el método mayoritario en los forjados *lecorbuserinianos* se basaba en losa lisa por ambas caras gracias a la unión de las jácenas con los nervios (redondos colocados transversales a las jácenas) dispuestos entre las piezas cerámicas, todo ello debidamente hormigonado y patentado (Figura 1).

A mediados de 1950, la aplicación de las innovaciones tecnológicas de entreguerras llevó a una revisión del Movimiento Moderno y de las técnicas tradicionales, cuestionándose la 'tradición de lo moderno' (Zevi, 1956) como *modus operandi* plausible. En esta última época productiva de la vida de Le Corbusier, es cuando constructivamente se obstina con empleo casi exclusivo del hormigón armado y la creación del 'modulor' (*modul + section d'or*), evidenciando la ruptura con los trazados clásicos de la arquitectura al sustituir las proporciones del hombre de Vitruvio por las del hombre contemporáneo (Summerson, 1979). Es probable que, en la aplicación de las innovaciones tecnológicas, Le Corbusier se replantease la naturaleza de estas y optase por adecuar la expresión arquitectónica a las prestaciones o fortalezas de la técnica (Sbriglio, 2011). Esto daría lugar a la experimentación epidérmica (negativo de encofrados de madera) y al empleo desinhibido de soluciones constructivas atemporales. Si consideramos que el *opus caementicium* y la bóveda cerámica son sistemas históricos de largo recorrido, que fueron reinterpretados una vez más con la introducción de las armaduras, parece lícito que Le Corbusier explorase sus posibilidades. Rinden buena cuenta de este viraje la Casa Shodan (1956), el capitolio de la ciudad de Chandigarh (1951-1964) y el Carpenter Center for the Visual Arts (1955), ya que parecen representar la evolución desacomplejada de su arquitectura.

De hecho, la aparición de los paños de muro de hormigón visto, *beton brut*, del arquitecto en Francia, no se dan hasta la construcción de la Unité de Marsella (1946-1952) y posteriormente en Firminy (1953-1965) y en la Tourette (1953-1960) con sus paneles prefabricados a pie de obra y su compartimentación interior acabada mediante la técnica del gutinado ('la monumentalización de lo vernáculo'). Por otro lado, cabe señalar el temprano estudio de las formas curvas en la obra de Le Corbusier, el cual mantuvo siempre una estrecha relación con la mampostería, como se ve en Romchamp (1950-1955) al reutilizar los sillares de la iglesia precedente para levantar muros pétreos como cerramiento de la Chapelle de Notre Dame du Haut. El revestimiento final impide vislumbrar una obra concebida con técnicas mixtas, de las piedras del pasado y del hormigón armado del presente.

SINCERIDAD COMPLEJA EN LAS MAISON JAUL

Sin embargo, el nudismo y el empleo de formas que evocan a la tradición en las Maisons Jaoul le valieron el calificativo peyorativo de vernáculo por parte de la crítica (Zevi, 1956)³. Estas viviendas unifamiliares son el máximo representante del paso de las casas blancas a la albañilería vista, por lo tanto, son adalides parisinas del cambio teórico-constructivo del universo *lecorbuseriniano*, ya que dan explicación a la transición del purismo formal al exhibicionismo constructivo y también del plasticismo cubista a la aspereza o texturización del *beton brut*.

“¿Saben ustedes, señoras y señores, qué es un ladrillo? Es una bagatela, cuesta once centavos, es algo banal y sin valor, pero posee una propiedad particular. Denme este ladrillo y será transformado inmediatamente en el valor de su peso en oro”. Esa fue quizá la única vez que escuché enunciar tan brutal y expresivamente delante de una audiencia lo que es la arquitectura. La arquitectura es la transformación de un ladrillo sin valor en un ladrillo de oro (Aalto, 1978, p. 58).

³ En la revista de Zevi se recoge la reseña de *Architectural Design* del mes de marzo de 1956 se explicita que “esta arquitectura puede gustar más o menos, puede ser ensalzada o criticada, pero nunca clasificada” (p. 111).

⁴ Maniaque recoge el artículo de Reyner Banham en *Architectural Review* donde el crítico defiende las viviendas por ser la raíz del *New Brutalism*, destacando la importancia del pintor Dubuffet y poniendo de manifiesto que el brutalismo fue una reacción frente al funcionalismo del estilo internacional.

La *machine à habiter* se humaniza modulándola y desnudándola de artificios para mostrarnos sus arrugas y cicatrices (artesanía). Esta *épiderme brutal* es causa y efecto de una estructura de *béton brut*⁴ (Maniaque Benton, 2009) que bebe del anterior *béton armé avec coffrage céramique* (industrialización).

De los pilotis a los muros de carga

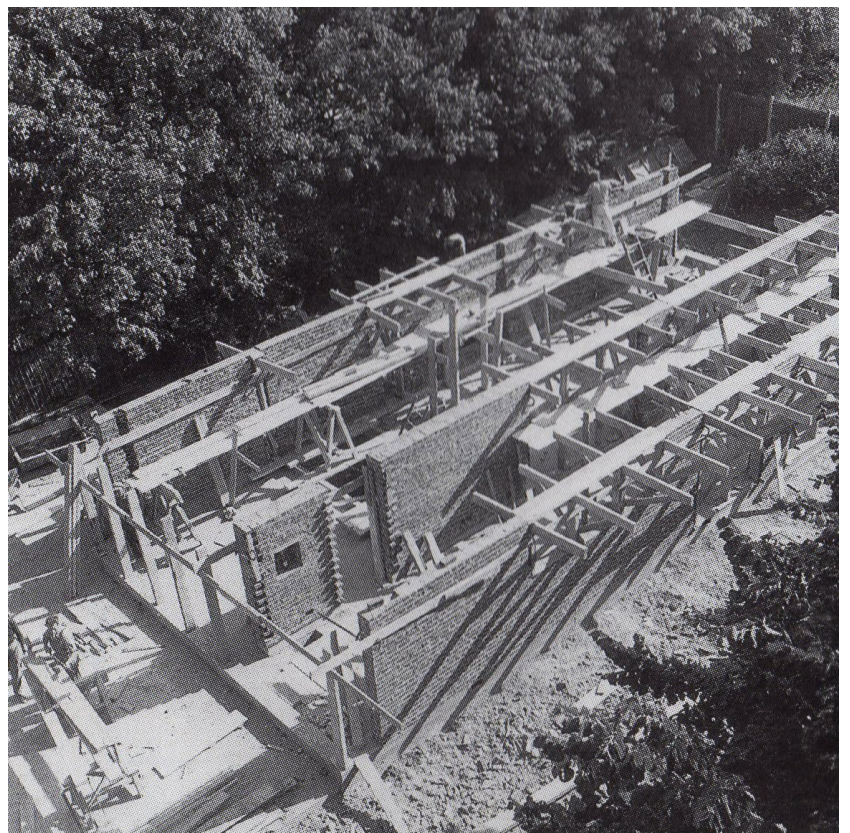
La parcela de los Jaoul incluye dos casas de planta rectangular de superficie variable ($\pm 16'30 \times 6'90$), colocadas en 'L' para albergar la totalidad de la familia. En la casa A, paralela a la calle Longchamps y orientada a noroeste, habitaban André Jaoul, su esposa Suzanne y su hijo Benjamin Bruno; en la casa B, perpendicular a la casa A y orientada a sudeste, vivían su hijo menor, su esposa Nadine y sus tres

hijos. Ambas casas disponen de tres niveles con distribuciones similares (Martín, 2015), destinando la planta baja a los usos diurnos (estar, comedor y cocina) y las dos plantas superiores a los usos privados o zona de noche (dormitorios y estudios). Dado que el terreno presenta un desnivel natural, las casas también disponen de una planta sótano compartida, como el patio.

La estructura de las casas se basa en tres muros de carga de ladrillo macizo que dan lugar a dos crujiás con luces desiguales de 2,26 m y 3,66 m, cubiertas por bóvedas rebajadas de cañón que arrancan a una altura de 2,26 m, siguiendo las proporciones del moduli. La bóveda de luz menor alberga los espacios servidores y la mayor los espacios comunes.

Los muros portantes están fragmentados y desprovistos de muros de trabazón que arriostren la estructura en el plano transversal, confiando la estabilidad a las uniones rígidas entre el muro y el forjado a través de las jácenas, tirantes de acero y de costillas de hormigón armado en el trasdós de las bóvedas⁵(Gargiani, & Rosellini, 2011). El espesor de los muros de carga, de apenas 33 cm, se reduce al llegar a las fachadas de hastial (Figura 2), mostrando una aparente esbeltez de la estructura vertical (juego que se repite en las diferentes

FIGURA 2
Muros de carga

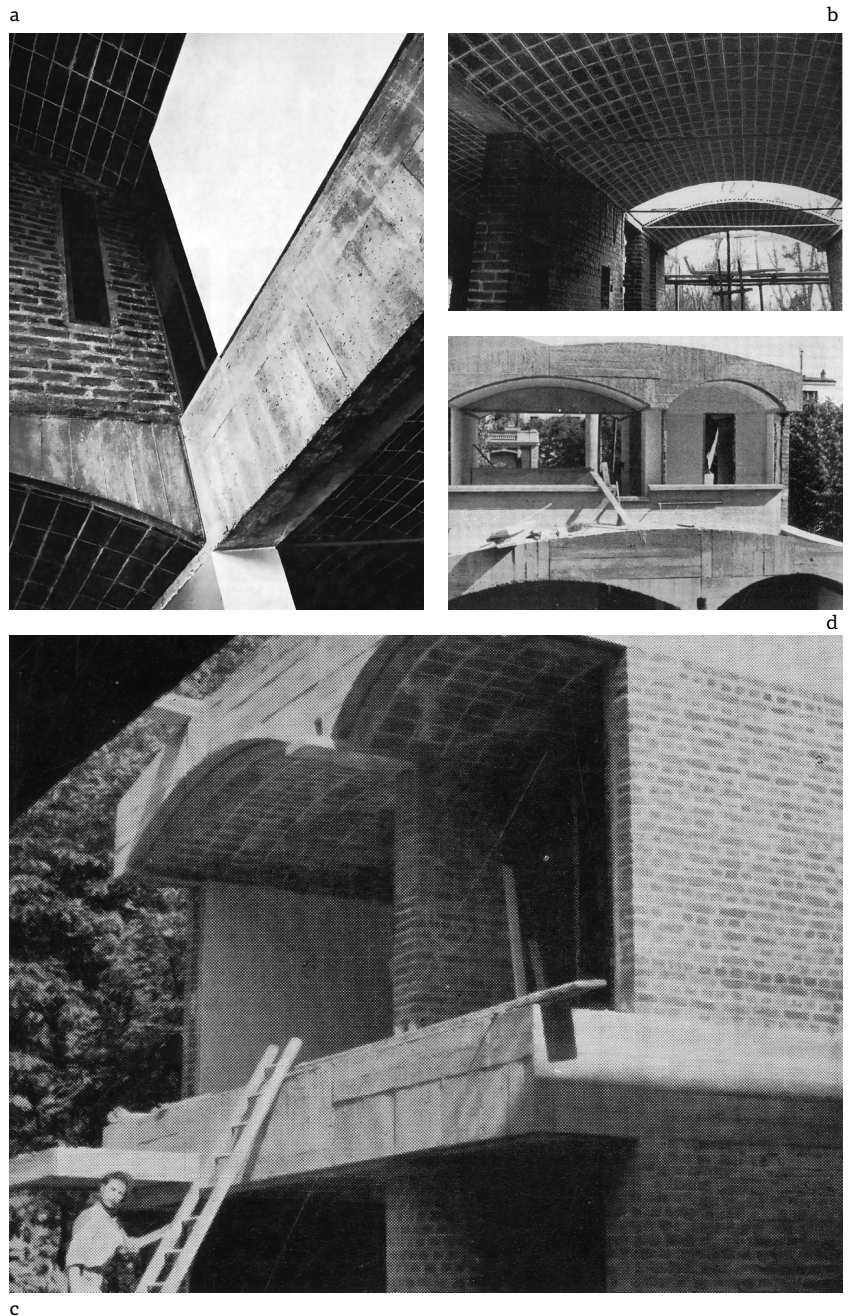


Nota. Maniaque Benton, 2005, p. 16.

⁵Estos rigidizadores transversales a las jácenas pueden verse en los hastiales, en los huecos de escalera y en los dobles espacios de las casas, es decir, donde la bóveda se ve interrumpida (Figura 3a).

oberturas), así como la falta de trabazón (esquinas abiertas) y el vuelo de las bóvedas (voladizos en los hastiales). Estas fachadas portantes se configuran como una envolvente convencional, es decir, con cámara de aire estanca y trasdosado cerámico (de ladrillo hueco de 6 cm) enlucido con yeso (Ford, 1996). En la Figura 2 se pueden observar los enjarjes (piezas de ladrillo a tizón) donde las pilastras recibirán el trasdosado. El aparejo de las fachadas es de trazo inglés, con hiladas exclusivas a sogas sobre hiladas a tizón, la compartimentación interior emplea un aparejo simple de sogas a rompejuntas.

FIGURA 3
Fotografías durante la construcción



Nota. Arriba (a) se percibe cómo la primera hoja de rasilla muestra el canto y genera una entrega con el hormigón a diferente nivel o plano (muesca) y en (b) se vislumbran juntas blancas (yeso) y la segunda hoja horadada (Boesiger, 1995, pp. 211 y 216). Abajo la reducción de los muros, el trasdosado y los voladizos (Stirling, 1955, p. 148). En conjunto no se observan cimbras.

En Neully desaparece buena parte de los cinco puntos al substituir la diáfana planta libre, porticada (pilotis) y con nudos rígidos, por una estructura de muros de carga que niega a su vez los preceptos de la fachada libre (de cerramiento) y la ventana corrida (luces), perdurando únicamente el concepto de cubierta jardín.

El proyecto tuvo varias fases y sufrió cambios antes y durante su ejecución (Maniaque Benton, 2003), cosa que dificulta sobremanera la interpretación y relación de las planimetrías con la realidad construida, sobre todo en la definición del sistema constructivo de las bóvedas, y la situación exacta de las oberturas⁶ y de los tirantes.

La lámpara de la verdad

Hasta el momento el proyecto era visto como un paradigma dentro de la obra del arquitecto dada la sinceridad constructiva de la que hacía gala. Con el empleo del hormigón armado como técnica del momento y la obra de fábrica cerámica como técnica del recuerdo, todo ello desprovisto de revestimiento como *épiderme brutal*, representa un tributo directo a la 'Lámpara de la verdad' de Ruskin. Para este, las mentiras arquitectónicas se concentran en tres supuestos: la sugestión de una infraestructura o sostén distinto al verdadero; la pintura de las superficies con objeto de fingir otros materiales; y, finalmente, el empleo de adornos, por lo tanto, no es de extrañar que Le Corbusier se plantease dichos enunciados durante el diseño y ejecución de las Maison Jaoul:

El director de una de vuestras mejores escuelas, la de Bellas Artes, ha dicho hace unos días: *Comenzamos a construir en hormigón, pero continuamos pensando en piedra*. Esta afirmación de M. Tournon demuestra que la etapa de cuarenta años suministrada por Auguste Perret aún no es suficiente. Tal fue la leal confesión del responsable en la actualidad de la enseñanza oficial de la arquitectura en Francia, país donde se inventó el hormigón armado. Pero, una vez alejado su interlocutor, ¿no presentaría él a sus alumnos, como un ejemplo a no seguir jamás, la imagen de ese inmueble de inquilinato de la calle Nungesser-et-Coli [apartamento-estudio de Le Corbusier —bóvedas—], construido en hormigón y que proclama precisamente que aquí sí se ha "pensado en hormigón"? La lámpara de la verdad (Ruskin) ya no está encendida. Técnica y sensibilidad, condición de la arquitectura, constituyen una yunta delicada (Le Corbusier, 2004a, pp. 49-50).

⁶En las publicaciones próximas a la fecha de inauguración de las Jaoul, se reproducen planimetrías que no reflejan la realidad construida (década de los sesenta y setenta). La casa A presenta cambios respecto de la situación de la rampa y la puerta de acceso, las ventanas y puertas de la fachada interior (a este) en sus tres niveles, así como en la fachada exterior en la última planta. La casa B en su fachada interior (la del jardín, a sur) presenta una reducción de ventanas en planta primera y la inexistencia en la segunda, disposición que se repite en la fachada a norte, donde la última planta no tiene ventana, pero en las dos inferiores hallamos más oberturas de las representadas.

Una auténtica defensa de las formas del hormigón y su aspecto desnudo de artificios. De hecho, Le Corbusier hacía años que se alejaba de las casas blancas: en la Villa Mandrot (1930) ya dejó la mampostería sin revestir y en *Une petite maison* (1954) también usó una envolvente vista, esta vez de bloque de hormigón prefabricado, que posteriormente

aplacó con chapa de zinc galvanizada, cosa que mejoró sus prestaciones y le confirió un aspecto aerodinámico que consideró acertado (Le Corbusier, 2004b). En las viviendas objeto de estudio se aprobó la epidermis de hormigón, pero no la del ladrillo, siendo juzgadas de rústicas y vernáculas. Stirling les encontró cierto parecido con las granjas de la Provenza y las viviendas tradicionales indias debido a su materialidad y formalización, que le parecerán de mala calidad y de bajo presupuesto. Las consideraba un desatino constructivo que daba lugar a la creación de espacios lúgubres e inhabitables (Jaoul, 1979)⁷. El crítico comparaba la supuesta ruralidad de las Maisons Jaoul a la urbanita villa Stein y diría que “Le Corbusier, a menudo acusado de ser ‘internacionalista’, es hoy por hoy el arquitecto más regionalista” (Stirling, 1955, p. 146), sin embargo, no vislumbró en la forma abovedada aquella máxima higienista y tecnóloga que el arquitecto le otorgaba, como túnel de aireación ideal para cumplir el requisito de salubridad de la época.

Y pese a la sinceridad epidémica, el proceso y sistema constructivo que atañe a las supuestas bóvedas tabicadas parecen vulnerar esta máxima y dan lugar al desarrollo de cinco hipótesis en torno a su materialización. En el siguiente apartado se confrontarán hipótesis hasta dar con el sistema definitivo.

LAS BÓVEDAS Y SU AUTENTICIDAD

Sobre la cáscara o bóveda laminar

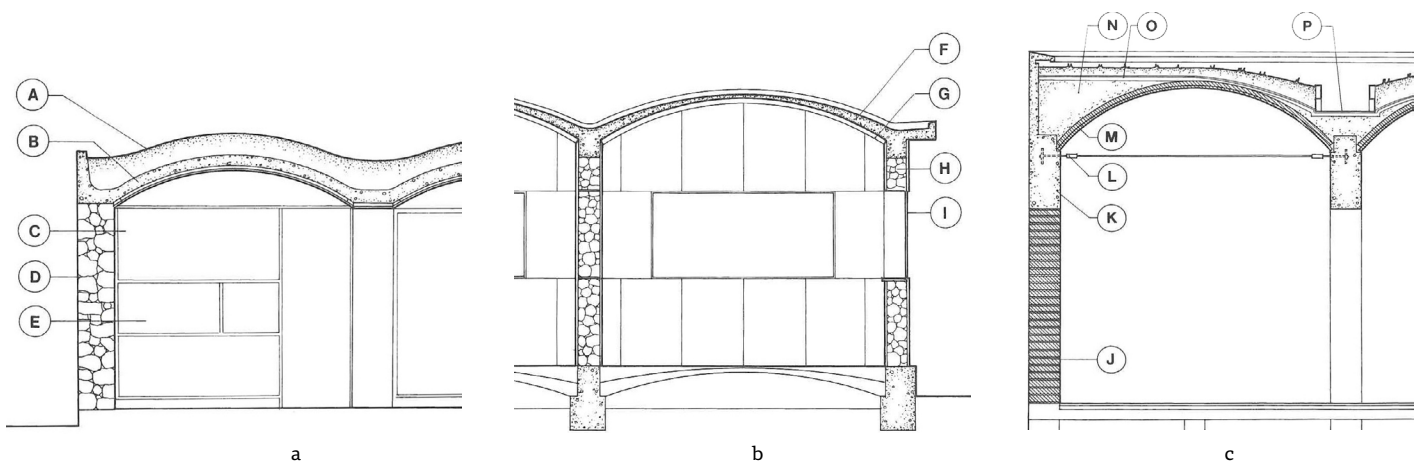
Aunque el espesor de los muros de ladrillo es suficiente para soportar el peso de las cubiertas ajardinadas (irrigadas), de que los esfuerzos horizontales han sido absorbidos por los zunchos perimétricos de hormigón armado que hacen las veces de jácenas o dinteles, la existencia de tirantes genera la sospecha de la autenticidad de las bóvedas tabicadas y da lugar a la primera hipótesis. Esta consiste en la construcción de una bóveda de hormigón rebajada y estribada a las jácenas que descansan sobre los muros portantes (Figura 2). Los proyectos de las villas en Roquebrune-Cap Martin (1949) y la Maison du professeur Fueter en Suiza (1950) refuerzan a esta primera disquisición (Le Corbusier, 1983a), pese a que entraría en conflicto con el pretensado (Figura 6) y el espesor final de las bóvedas.

⁷La revista *Architecture d'Aujourd'hui* publicó una entrevista a Marie Jaoul, que cuando entró a vivir en las Maisons Jaoul contaba 6 años. En ella se constatan las palabras de James Stirling en cuanto a la dificultad de habitar una casa tan oscura y desprovista de privacidad, compensada por lo acogedor de su composición. Y pese a que sus primeros ocupantes la disfrutaron durante treinta y dos años, en el barrio, la *épiderme brutale* de Le Corbusier fue interpretada como una obra inacabada, *unfinished* (Jaoul, 1979).

La construcción de cemento armado ha determinado una revolución en la estética de la edificación. Mediante la supresión del tejado y su reemplazo por las terrazas, el cemento armado conduce a una nueva estética del plano desconocida hasta ahora. Los redientes y recesos son posibles y llevarán de aquí en adelante el juego de luces y sombras, no ya de arriba abajo, sino lateralmente, de izquierda a derecha. Es una modificación capital de la estética del plano que aún no ha sido sentida; pero sería útil pensar ahora en ella en los proyectos de prolongación de las ciudades (Le Corbusier, 1998, p. 47)

En la edificación se ha comenzado la fabricación en serie; se han creado, de acuerdo a las nuevas necesidades económicas, los elementos de detalle y los elementos de conjunto; se han logrado realizaciones concluyentes en el detalle y en el conjunto. Si uno se enfrenta al pasado, hay una revolución en los métodos y en la amplitud de las empresas. Aunque la historia de la arquitectura evoluciona lentamente a través de los siglos, en modalidades de estructura y decoración, en cincuenta años el hierro y el cemento han aportado conquistas que son el índice de una gran potencia de construcción y el índice de una arquitectura con el código alterado. Si uno se coloca de cara al pasado, se ve que los 'estilos' ya no existen para nosotros, que se ha elaborado un estilo de época; que ha habido una revolución (Le Corbusier, 1998, p. XXXIII).

FIGURA 4
Bóvedas en la obra de
Le Corbusier



El estudio y desarrollo de las bóvedas de hormigón por Le Corbusier pasó de edificaciones porticadas abovedadas, que a través de nudos rígidos adquirirían la estabilidad necesaria, a bóvedas laminares que descansaban sobre muros de mampostería heterogénea (Figura 4). En el desarrollo de esta concepción el espesor de la bóveda se redujo para abandonar la losa curva de hormigón armado (Figura 4a), solidaria y monolítica con los zunchos, para aproximarse a un sistema más esbelto basado en una cáscara (Figura 4b) o membrana delgada (tipo capa o lámina de compresión), en la línea de Pier Luigi Nervi (1891-1979), Eduardo Torroja (1899-1961) o Félix Candela (1910-1997).

Esta segunda hipótesis es la explicación mayoritaria, entendiendo como encofrado perdido el intradós cerámico. La bóveda tipo cáscara (Heyman, 2015) de curvatura simple trabaja a compresión excepto en el encuentro con los necesarios zunchos, allí los riñones de la cáscara trabajan a tracción y suelen requerir armaduras adicionales. Dado que las crujías (longitud de cuerda de la bóveda) son muy inferiores a 12 m, no necesitaría vigas transversales rigidizadoras, ni tirantes (Chudley y Greeno, 2007), cosa que, de nuevo, entra en contradicción con la construcción de las Jaoul.

Nota. Sección (a) de la Maison de fin de semana o recreo (1934-37), sección (b) de las Maisons Monol (1919) y sección (c) de la Villa Sarabhai (Ford, 1996, p. 176).

De esta forma quedan descartadas las dos primeras hipótesis.

Sobre la bóveda catalana tabicada⁸ y la bóveda gausa: cerámica atirantada o armada

Asimismo, volviendo a su defensa de la sinceridad constructiva, es lícito pensar que las bóvedas inspiradas en la bóveda catalana⁹ o tabicada, y ensayadas en la India a través de maquetas a escala 1:1 y de la Maison d'Habitation de Mrs. Manorama Sarabhai, no sean de hormigón. Considerando que Le Corbusier tuvo contacto con Josep Lluís Sert y Domènech Escorsa (VIII CIAM) (González Cubero, 2003) y conocía la obra de Guastavino y Gaudí, parece inverosímil especular que la hoja de rasilla cerámica trabajase simplemente como encofrado perdido de unas bóvedas rebajadas de hormigón armado o no (Figura 5b). Esta tercera hipótesis constructiva es la más defendida en las publicaciones científicas de la obra, que reproducen la denominación de 'bóveda catalana' aduciendo a su intradós.

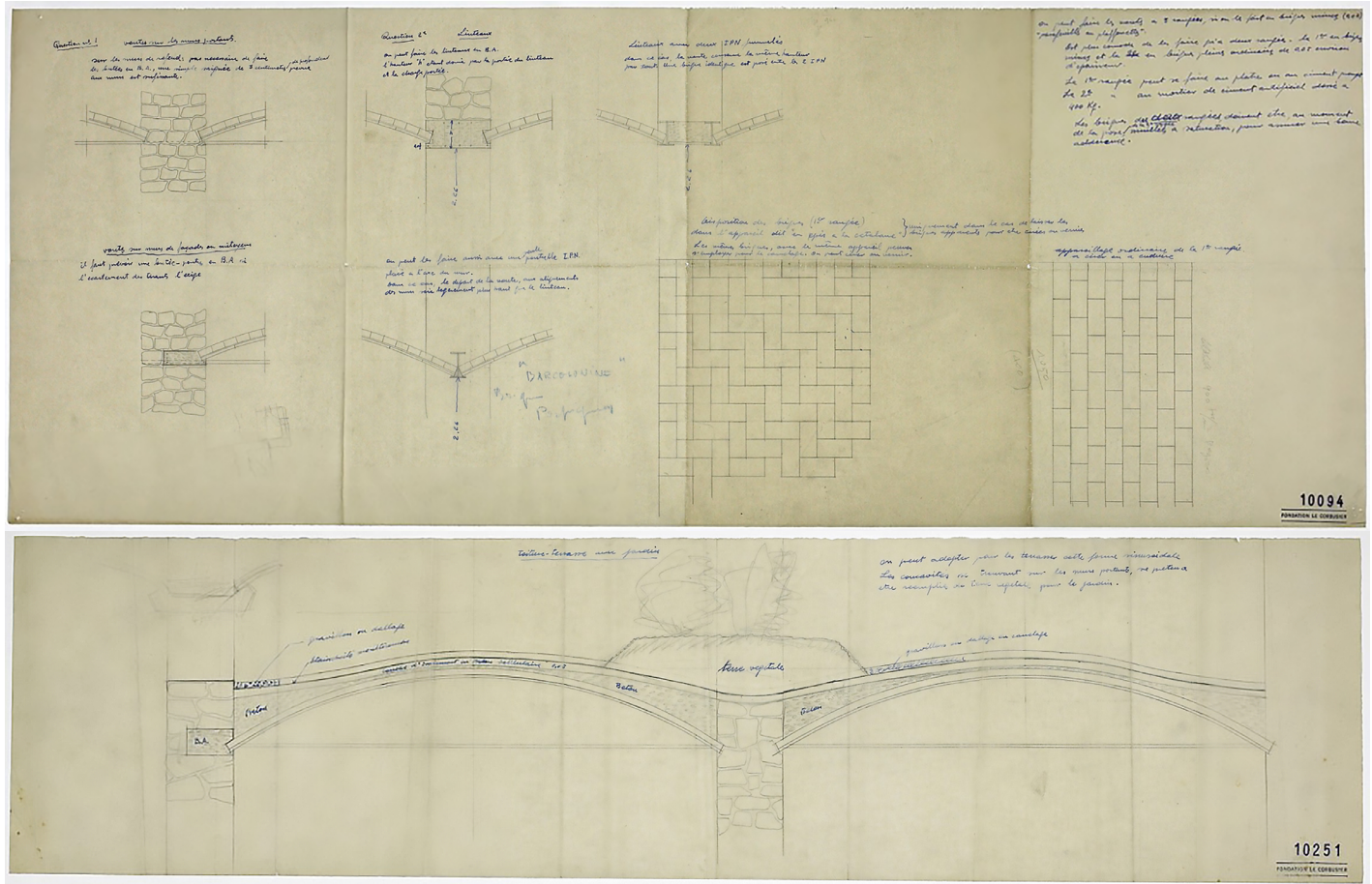
El sistema tradicional se fundamenta en la ejecución de una primera hoja de rasilla colocada a tabla y ligada con yeso, por su rápido fraguado, y las dos hojas consecutivas fijadas con mortero de cal con aparejos cruzados, es decir, una hoja a rompejuntas y la otra en espiga (Figura 5a). Todo ello ejecutado con rasillas cerámicas del mismo espesor y dimensión (3-4 cm) en todas las roscas u hojas (Figura 8b). La técnica plantea una suave curvatura, lograda sin cimbra (sí con guía), para que trabaje a compresión y adquiera resistencia en el propio proceso de adición de hojas contrapeadas y sin armado. Cuando la bóveda debe ser transitable, al constituir un forjado entre plantas habitables, se suelen colocar tabiques o tabiquillos conejeros a panderete para sustentar el machihembrado cerámico (también llamado tabicado o rasillón) que nivelará la cota de paso (Figura 10). Estos tabiquillos cierran una cámara de aire estanca entre plantas, entre el trasdós y el pavimento, constituyendo un acabado de regularización ligero que favorece el aislamiento térmico y acústico entre plantas. Considerando que las Jaoul tienen bóvedas que constituyen forjados transitables y bóvedas que formalizan cubiertas vegetales, será pertinente prever dos tipos de solución atendiendo a las distintas sobrecargas.

A nivel formal se suele comparar la villa Sarabhi (1951-55) con las Jaoul, sin embargo, en la sección c de la Figura 4, se distinguen diferencias. Por un lado, los zunchos de la casa india se hallan por debajo de la bóveda (como salmer) y doblan el canto en el perímetro exterior para trabajar como parapeto (verticalizando la resultante de los empujes), a diferencia de las Jaoul, donde la flecha de la bóveda equivale al canto de las jácenas o zunchos. Asimismo, la curvatura (cuerda y flecha) de la Sarabhi tiende al medio punto y no necesitó tirantes, a diferencia de las rebajadísimas Jaoul. Cabe preguntarse si la villa Sarabhi¹⁰, al tener mayor flecha, albergue en su trasdós la disposición de lengüetas o tabiquillos laterales como contrarresto, pero ya sería objeto de otro artículo.

⁸ En catalán se llama *volta de maó de pla* cuya traducción literal sería bóveda de rasilla. Por otro lado, la definición castellana de *tabicada* o tabicado alude habitualmente a la pieza, si no a la solera cerámica entre tabiquillos conejeros, *envanets de sostremort* en catalán. Los tabiquillos se colocan en el trasdós para realizar forjados o azoteas con cámara. Cuando la cámara es ventilada se designa *coberta plana a la catalana* (Benavent, 1967).

⁹ Se conoce que el tipo tabicado proviene de oriente, se utilizó durante el imperio romano y se reinterpretó y adquirió relevancia en el levante español (con incursiones en, Portugal, Francia —*rousillon*— e Italia —*in folio*—) y Extremadura. Así pues, el término bóveda catalana no deriva de su origen geográfico sino de la pericia y habilidad de los albañiles catalanes que llevaron la técnica popular desde el Barroco al Modernismo (Frattaruolo, 2000).

FIGURA 5
Croquis de estribados



Nota. Arriba, croquis de los posibles encuentros (*Barcelonine*) y aparejos de las bóvedas, FLC 10094. Abajo, sección especificando los rellenos de los riñones con hormigón en masa y zunchos de hormigón armado, FLC 10251. Fondation Le Corbusier (Le Corbusier, 1983b, s. p.).

¹⁰ Pese a designar sus bóvedas como catalanas, se puede observar una primera hoja (2 cm) que parece el encofrado de una segunda hoja armada (5 cm of *structural bricks*) sobre la que se deposita un relleno ligero de cascotes, sin aparentes tabiquillos conejeros (Figura 4c). Por otro lado, es menester indicar que la familia Jaoul visitó Chandigarh y era conocedora de los experimentos abovedados del arquitecto.

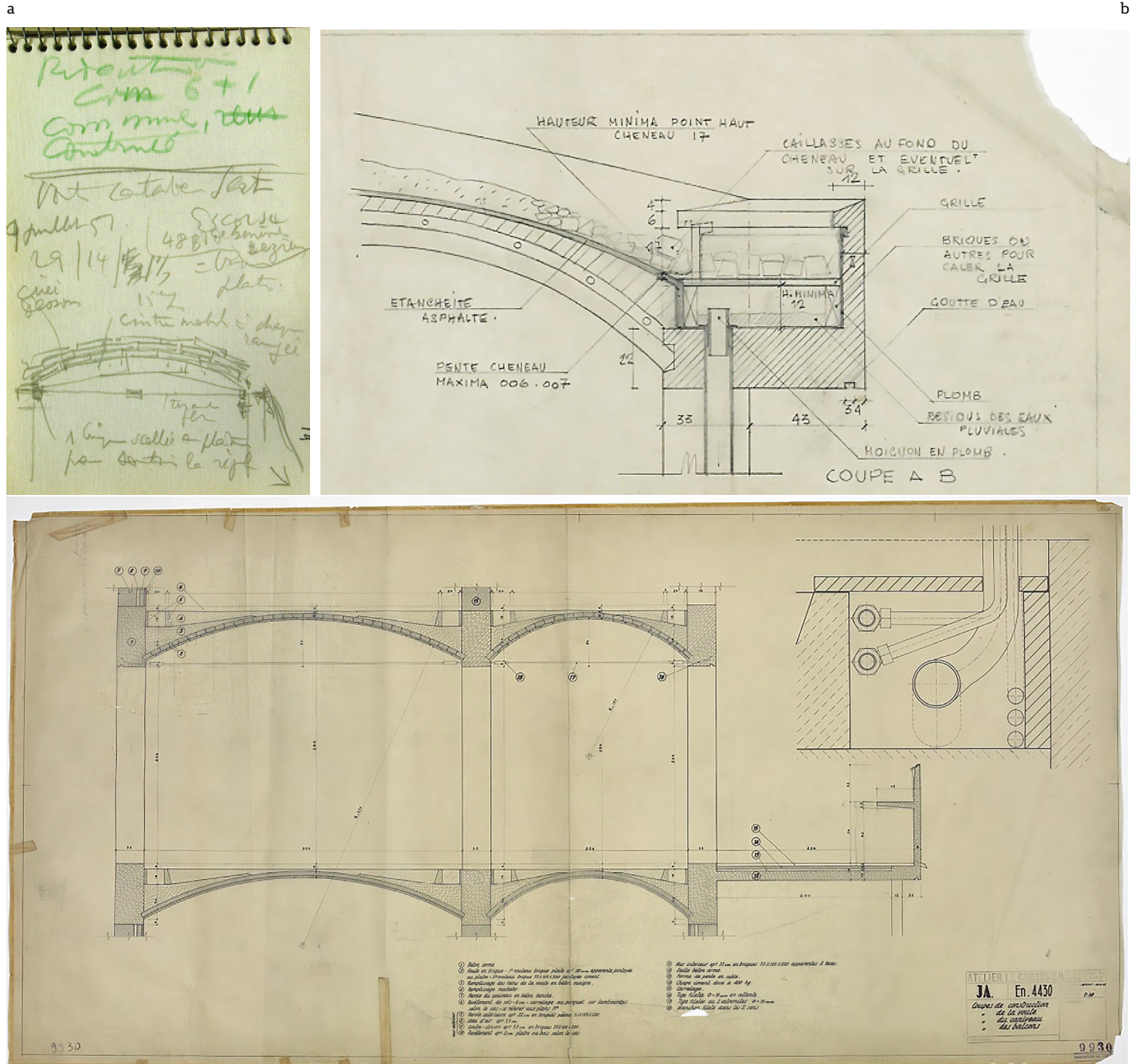
En la Figura 6a se grafian (además de una cimbra o guía) tres hojas de rasilla, tal y como Le Corbusier sabía que se ejecutaba la bóveda catalana tabicada (Adell, 2005), a rompejuntas y trabajando de forma solidaria gracias a la adherencia y cohesión entre las roscas u hojas (Huerta, 2005). En el supuesto de que las Jaoul fuesen bóvedas catalanas, como se indica en las anotaciones y descripciones del propio arquitecto, se confirmaría la necesidad de tirantes para contrarrestar los empujes debidos a su geometría, pero su postrera colocación resulta inverosímil al proceso de ejecución de una bóveda tabicada. Es decir, de ser tabicada, los tirantes se colocarían antes de la confección de la curvatura de la bóveda, y no una vez construidas. Sin embargo, para descartarla definitivamente se pasará del análisis del croquis a los detalles existentes, así como del intradós a la sección completa. En las primeras secciones del proyecto se contemplaba pretensar la planta piso (Figura 6c), no siendo así en planta baja al considerar que el

INVESTIGACIÓN EN TEORÍA ARQUITECTÓNICA

LAS BÓVEDAS TABICADAS DE LAS MAISONS JAUL: AUTENTICIDAD Y TRADICIÓN TÉCNICA

FIGURA 6

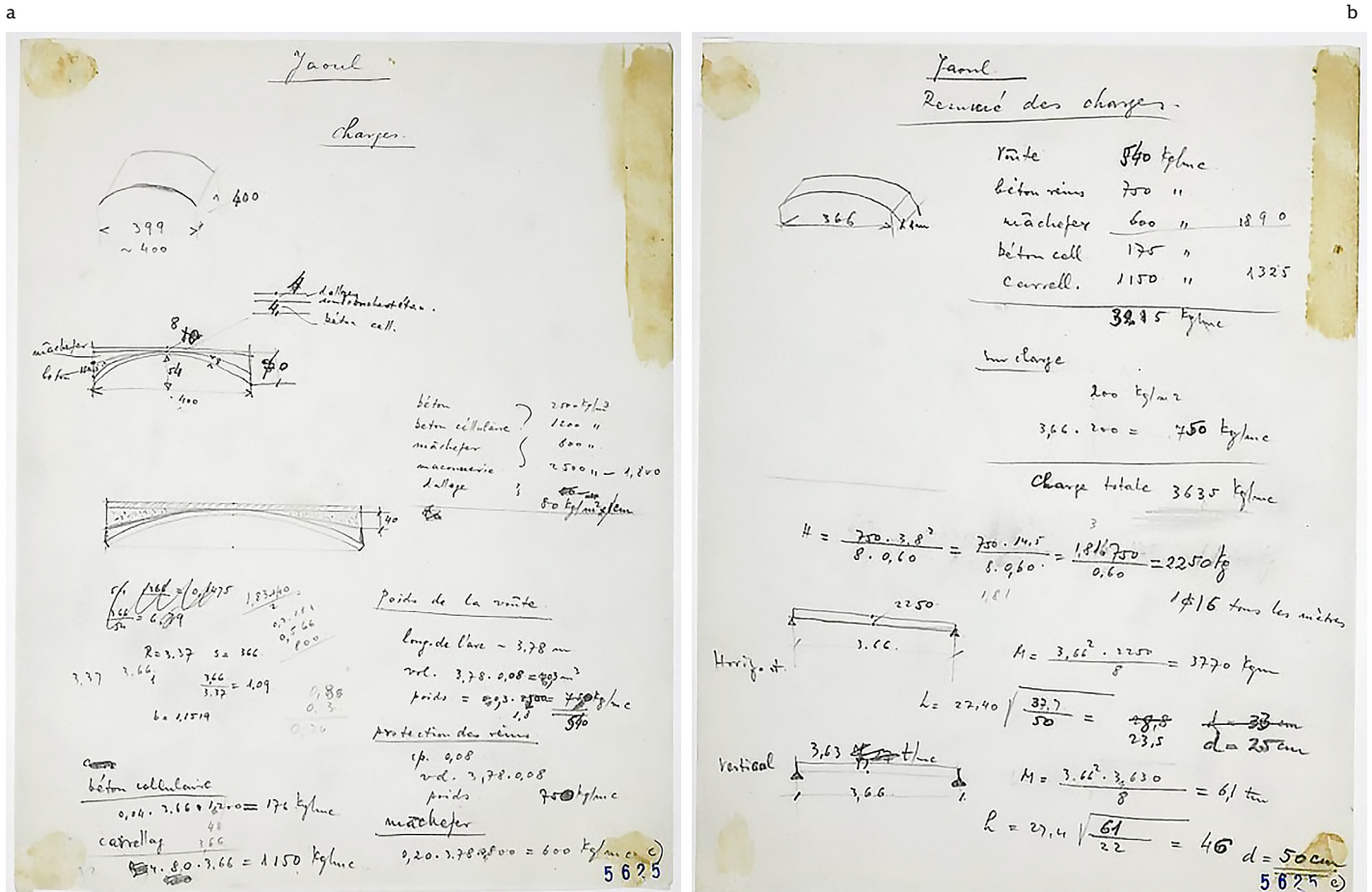
Del croquis al detalle ejecutivo



Nota. A la izquierda, un croquis de Le Corbusier sobre el tipo de bóveda tabicada atirantada (Maniaque, 2005, p. 43) y a la derecha, el detalle de las cubiertas Jaoul (ampliación del plano FLC 9994). Abajo, la sección tipo, FLC 9930 (Le Corbusier, 1983b, s. p.).

peso propio de las plantas superiores sería suficiente para contrarrestar los empujes laterales y dirigir la resultante de presiones a la cimentación. En esta, se discierne una primera hoja de rasilla cerámica (20 mm) con un espesor inferior a la segunda (50 x 105 x 220 mm), de mayor tamaño. Y aunque *a priori* pudiera parecer una capa de compresión o lámina de hormigón armado (Figura 6b, en otro croquis *dalle chauffante*), se distingue un despiece indicativo de una segunda hoja cerámica, posiblemente horadada o hueca (Figura 6c). Los riñones están rellenos de hormigón magro según el detalle, y a su vez, la vaina del postesado no aparece (se grafía con estribo, pretensado, sin anclaje). Consideraciones divergentes a la ejecución material.

FIGURA 7
Números gordos

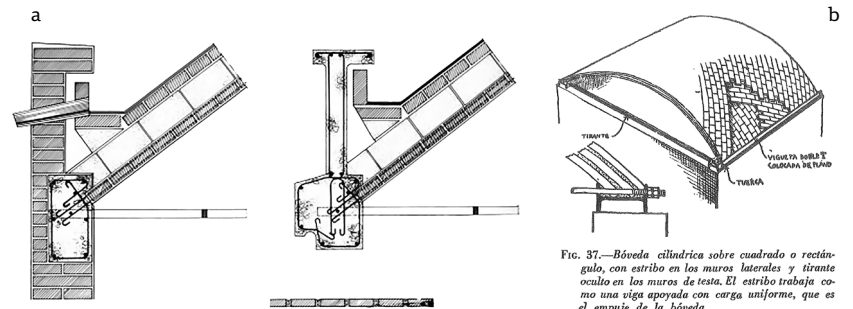


Nota. Apuntes del predimensionado de las bóvedas y los tirantes, demostrando que su incorporación no fue improvisada en obra. Ver sección de la Figura 6. Láminas FLC 5625 c y FLC 5625 e, respectivamente (Le Corbusier, 1983b, s. p.).

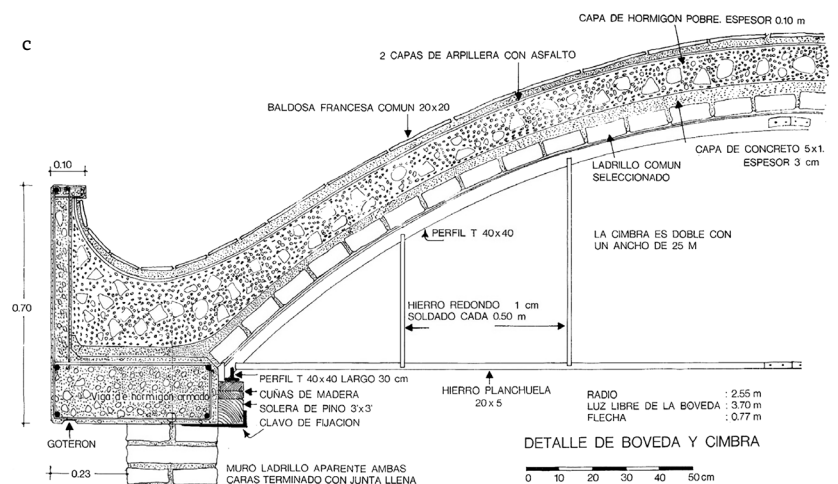
Entre la documentación digitalizada de la Fondation Le Corbusier, y publicada en su gran mayoría por la editorial Garland (Le Corbusier, 1983b), se halla el predimensionado de las bóvedas (Figura 7), presumiblemente de puño y letra de Le Corbusier. Para el cálculo de las cargas permanentes tiene en cuenta los pesos propios del hormigón (sobre los riñones), el hormigón celular (de nivelación entre plantas), cenizas como cemento (*mâchefer*) entre crujías, la albañilería y el pavimento. Determinadas las cargas, el mismo arquitecto calcula el tirante, primero para una luz de 3,66 m (empotrado) y en segunda instancia para una luz de 3,80 m. Los resultados del diámetro oscilan entre 20 y 33 mm. Pese a todo, es lícito destacar la dificultad de cálculo debido, según los expertos (Huerta, 2005), a la falta de datos sobre las constantes elásticas de una bóveda tabicada, y de ahí el escepticismo de los constructores.

La información planimétrica disponible incluye croquis de toda índole, esbozos de soluciones convencionales y elaborados detalles (muchos sin datar), dificultando discernir el proyecto final de la ejecución, y siendo fundamental recurrir a fotografías realizadas durante la obra. En la Figura 3b se distingue la presencia de la segunda hoja de cerámica horadada planteando dos nuevas hipótesis

FIGURA 8
Bóvedas cerámicas de mediados del siglo XX



Nota. (a) Detalles constructivos de Eladio Dieste para las bóvedas de la Casa Berlingieri en Punta Ballena (1947) de Antoni Bonet. En dichas bóvedas, la primera hoja es cerámica armada y la segunda tabicada sobre tabiquillos conejeros, tipo cubierta plana ventilada catalana (Prozorovich, 2011, s. p.); (b) el sistema de contrarresto que también estudiará Le Corbusier (Figura 5a), en Moya, 1947, p. 40.; (c) Detalle de la Casa 'A' Clérico Hermanos (1958), de luz similar al vano mayor de las Jaoul, de Sacriste (García et al., 2012, p. 93).



(cuarta y quinta). Una sería considerar la primera hoja cerámica como el encofrado de una segunda hoja de cerámica armada (en una o dos direcciones); otra, considerar que la segunda hoja de mayor espesor fuese una cáscara de hormigón armado aligerado con piezas cerámicas horadadas. Esta última solución iría en la línea de las bóvedas atirantadas de Bonet Castellana en la Ricarda (Prozorovich y Roig, 2005), pudiendo considerarse la evolución de la aplicación tabicada, perfeccionada por Dieste (Figura 8a).

En el detalle a de la Figura 9 se distinguen las capas principales de la bóveda de cubierta, que guarda paralelismos con las posteriores casas de Sacriste (Figura 8c). El croquis previo al detalle lista la siguiente leyenda; 1. Bóveda de dos hojas de cerámica; 2. Capa de 15 cm de vermiculita; 3. Impermeabilización (alquitrán); 4. Capa de 25-30 cm de tierras. A diferencia del detalle (Figura 9), donde se reducen los espesores de las capas y se introducen nuevos materiales desde del exterior; tierra vegetal, capa de asfalto de 2 cm (azul), vermiculita 5 cm (amarillo), hormigón magro y bóveda cerámica. En la parte central entre crujías (de clave a clave), se identifica una capa distinta, denominada *Pouzzolane* o cemento puzolánico. Según Vitruvio, el polvo de Puzol (*pulvis puteolanis*) o pozzolana era el resultado natural de mezclar la arena ligera (*harena fossica*) resultante de la abrasión y la toba, logrando una maravillosa y extraordinaria virtualidad de solidez en su contacto con el agua. Este depósito volcánico mezclado a su vez, con cal y piedra tosca lograba el archiconocido hormigón romano en masa u *opus caementicium* de extraordinaria durabilidad y resistencia. Esta disquisición no hace más que manifestar el profundo conocimiento de Le Corbusier por la historia y la construcción histórica, replanteando y sabiendo emplear formas y materiales históricos (*mâchefer*) de modo moderno (la puzolana para reforzar y proteger la unión entre bóvedas).

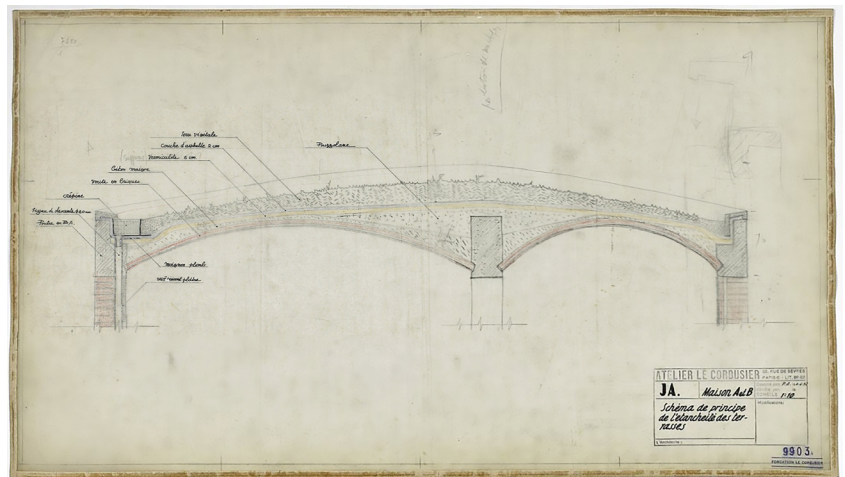
La decisión de prescindir de una tercera rosca, hacer una segunda distinta y prescindir de tabiquillos conejeros (al ser rebajada lo propio sería un relleno ligero, arena), se distancia del sistema tradicional catalán donde las hojas cerámicas son exclusivamente portantes. Asimismo, el desarrollo de distintos rellenos (cáscara aligerada) alimenta las hipótesis anteriores. En las Jaoul, las dos roscas ejecutadas con piezas cerámicas de diferentes características formales dan como resultado una sección similar a un forjado mixto donde se desconoce el vínculo de colaboración entre ambos, elemento que eximiría a la hoja de rasilla de ejercer de encofrado perdido. En este mismo detalle se observa como el mechnal de entrega de la cerámica en el hormigón del zuncho, recoge las dos hojas de cerámica, pero la primera logra desvincularse en el detalle de la Figura 3a, dando fuerza a la cuarta hipótesis de bóveda gausa (Mas Guindal y Adell, 2005), aunque se han hallado ni evidencias gráficas ni escritas.

De hecho, si comparamos las bóvedas de las Maisons Jaoul con las bóvedas autoportantes de la terminal de Ómnibus de Dieste (Adell, 1992) de 6 m de luz, se puede observar cómo este es capaz de cubrir 35 m de longitud sin necesidad de postesados, desacreditando la solución de Le Corbusier.

Por lo expuesto y por la presencia de los innecesarios tirantes, se descartan la tercera, cuarta y quinta hipótesis.

FIGURA 9
Bóvedas ajardinadas

Nota. Detalle donde Le Corbusier no dispone del tirante, aclarando su engaño constructivo. También se observa el trasdós ajardinado con una sola curvatura, FLC 9903 (Le Corbusier, 1983b, p. 363).



En el estudio de Le Corbusier se reunieron conocedores¹¹ de ambos sistemas, siendo el sistema catalán el que posiblemente necesitaría tirantes y el sistema uruguayo el que podría prescindir de ellos al disponer armaduras entre las piezas cerámicas de la segunda hoja. No hay más que observar las bóvedas cerámicas autoportantes (1961) de la propia casa de Eladio Dieste (Trias de Bes y Casariego, 2016)¹² sin tirantes, en contraposición con las catalanas de Josep Emili Donato i Folch (casas Bricall, Bernat y Mestres) en la década de los sesenta (Figura 10).

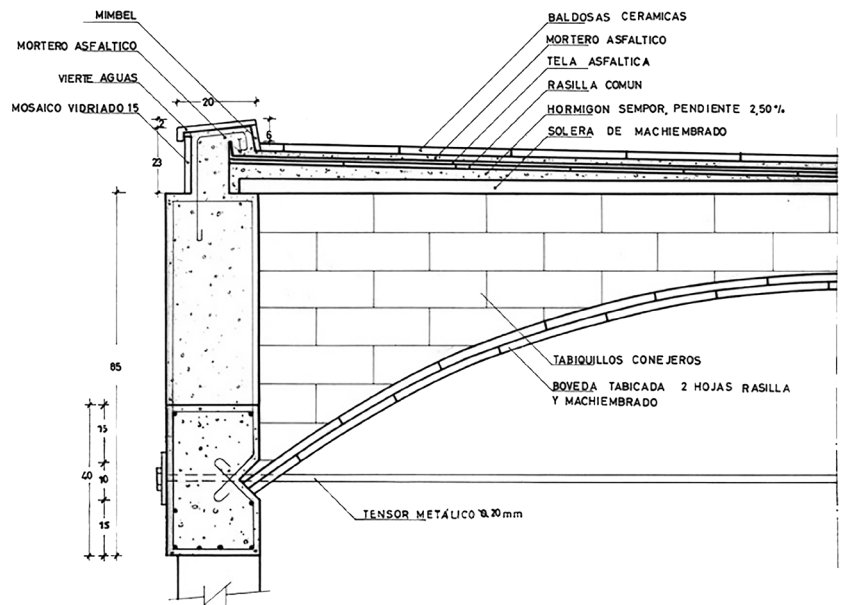
En el libro *Le Corbusier, Béton Brut and Ineffable Space* (Gargiani, & Rosellini, 2011), se relata el episodio en el cual el asesor de la obra de las Jaoul, Domènec Escorsa, aconsejó colocar los tirantes metálicos al juzgar el canto de las jácenas insuficiente, cosa que Le Corbusier consideró antiestético e innecesario, pero dada las presiones del contratista cedió a su colocación. Esto podría explicar la forzada ubicación de los tirantes en el escueto canto que queda libre entre el intradós de la bóveda y la jácena, así como el cubrimiento de los anclajes exteriores (impidiendo su mantenimiento). Esta disquisición también la recoge Spiegel en *Le Corbusier: Structural mastery supports art* (1979), donde juzga que un ingeniero colocaría los tirantes alineados si fuesen necesarios para la estructura, y que Le Corbusier los dispone desplazados entre plantas, como indicador

¹¹ Para saber más, ver el primer número de la revista *Dearq 14. Colaboradores de Le Corbusier. Revista de Arquitectura* de 2014 y Quintana Guerrero, 2018.

¹² En este se reflexiona acerca de la bóveda de cerámica armada de la Casa Berlingieri (1945 y 1947) de Antoni Bonet Castellana en Uruguay, y la consiguiente llamada a la prefabricación de dichos sistemas.

del conocimiento del funcionamiento estructural de las bóvedas, que podrían prescindir de ellos. Observando la situación de los anclajes exteriores, se deduce que los tirantes no son continuos (ver croquis superior de la Figura 5a), sino que cubren la luz de una sola crujía cada vez y se alternan con un ritmo que parece indiferente a la ubicación de las oberturas.

FIGURA 10
Detalle idealizado de la Casa Bernat (1966-68) de Josep Emili Donato



Posibles disfunciones estructurales y restauración

Las Maisons Jaoul están declaradas Monumento histórico según la ley gala, por lo que se vela por su preservación y salvaguarda.

Al tratarse de una construcción en hormigón armado y ladrillo visto, las principales lesiones que presenta (Salvo, 2017) son las intrínsecas a su sistema constructivo (Salvo, 2007) con relación al tipo de exposición. De la observación de la documentación fotográfica se identifican alteraciones superficiales como la pérdida del mortero de agarre de los ladrillos, la pudrición de las carpinterías, la proliferación de líquenes y hongos en los coronamientos, eflorescencias y humedades. A nivel mecánico la más preocupante es la carbonatación.

En 1991 se realizó una intervención de restauración a cargo de Jaques Michel, excolaborador de Le Corbusier y arquitecto en Neuilly, cuya máxima consistió en la restitución de las zonas afectadas por carbonatación del zunchos perimetral, donde se emplearon encofrados que seguían el mismo diseño y dimensiones que el original, pero con dosificaciones y pátinas que permitiesen su discernibilidad.

Nota. En ella se ven dos hojas de igual espesor sin relleno de riñones, figura publicada por Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC) en Arquitectura Catalana.cat, web (<https://www.arquitecturacatalana.cat/es/obras/casa-bernat>).

También se impermeabilizaron de nuevo las terrazas y la carpintería exterior de roble fue parcialmente restaurada y en su defecto, sustituida. Se restauraron los marcos de las carpinterías de vidrio y los ladrillos de los cerramientos se limpiaron de la pátina del tiempo mediante chorro de agua a presión. Finalmente, los murales interiores se restauraron escrupulosamente respetando los colores originales, y la totalidad de las instalaciones interiores se renovó añadiendo a su vez persianas. Asimismo, contaron con Salvatore Bertocchi como asesor en las actuaciones en las bóvedas, que él mismo supervisó en su construcción (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2010).

Recientemente (2019), el despacho de arquitectura DDA architectes (Devaux, & Devaux Architectes), ubicado en París, ha realizado un estudio de la envolvente de las viviendas caracterizando los elementos restaurados en el proyecto de 1991. A su vez se ha realizado un mapeo de las patologías de la envolvente, ya que con el paso del tiempo no solo los paramentos de hormigón presentan nuevas lesiones, principalmente en los voladizos de acceso y balcones, sino que las carpinterías muestran también afectaciones debido al envejecimiento y la pérdida de hermetismo de las tapas de sellado.

Muchas de las restauraciones de la obra brutalista de Le Corbusier (Prelorenzo, 1990) pasan por reparar las envolventes y recuperar la estanqueidad e impermeabilización de cerramientos y cubiertas.

CONCLUSIONES

El estudio teórico-técnico de las bóvedas de las Maison Jaoul, surgido de los desacuerdos críticos y de las visibles incógnitas constructivas, que solo una cala desvelaría, ha arrojado luz sobre la concepción estructural de la obra. El análisis de los detalles constructivos ha revelado la consecución de varios rellenos pesados sobre las bóvedas, que aconsejaron la colocación de tirantes, demostrando que todo tiene razón de ser (Spiegel, 1979). A su vez, ha desmentido el empleo de las tradicionales bóvedas catalanas, cuyo sistema constructivo habría necesitado tirantes de inicio y se habría ejecutado con celeridad gracias a su ligereza y economía material. Por lo tanto, las Maison Jaoul son la herencia del tipo de forjado estudiado durante la década de los años veinte, que va del forjado nervado al de cerámica armada unidireccional, para volver a la bóveda como sistema constructivo más eficiente y sostenible.

Tras desarrollar y refutar diferentes hipótesis a lo largo del artículo, se puede aventurar que no estamos ni frente a una bóveda tabicada catalana ni frente a una bóveda gausa, sino frente a una propuesta híbrida que aúna técnicas de ambas, pero no se adscribe a ninguna y se acerca al origen de todas, en la bovedilla cerámica de 60 a 90 cm de luz.

La confirmación de dicha conclusión la hallamos en la experiencia posterior de Sacriste en la construcción de diversas bóvedas tabicadas, mixtas y armadas (García et al., 2012), así como en la investigación de Roberto Gargiani y Anna Rosellini (Gargiani, & Rosellini, 2011)¹³ al definir una bóveda de características híbridas, “technical hybrid of bricks and concrete”, cuya segunda hoja de cerámica horadada se construye de modo que “the haunches are filled with concrete” (p. 374). En definitiva; “the system of construction of the vaults is based on the bóveda tabicada, but with large concrete sectors in the reinforcements”¹⁴ (p. 374). No parece pues, tratarse de una vuelta a lo vernáculo en un momento nostálgico, sino de dominar, desarrollar y actualizar un conocimiento caído en desuso, pero dotándolo de una radical brutalidad. Si extraemos el denominador común de las bóvedas Jaoul, nos resultarían un par de vigas con su bovedilla (entrevigado) en orden colosal. Las Maison Jaoul no son más que un eslabón en el desarrollo arquitectónico de Le Corbusier, y explican el paso gradual del purismo a l’ *Art Brut*¹⁵ arquitectónico.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Estefanía Martín-García: Contribuciones: Conceptualización, análisis formal, investigación, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición.

¹³ En el libro exponen la exhaustiva investigación de la documentación existente del proyecto, abarcando notas y croquis a pie de obra y la correspondencia que mantuvo con Salvatore Bertocchi, el jefe de obras, y Domènech Escorsa, el arquitecto catalán que les asesoró en cuanto a la optimización de la ejecución.

¹⁴ Traducción de la autora: “híbrido técnico de ladrillo y hormigón”. “los riñones de la bóveda están rellenos de hormigón” y “el sistema de construcción de las bóvedas se basa en la bóveda tabicada, pero con grandes sectores de hormigón de refuerzo”.

¹⁵ Jean Dubuffet, pintor y amigo de Le Corbusier, acuñó el término de *Art Brut* para las obras realizadas fuera de las convenciones.

REFERENCIAS

- Aalto, A. (1978). *La humanización de la arquitectura*. Tusquets Editor. Trabajo original publicado en 1955.
- Adell, J. M. (1992). Las bóvedas de la Atlántida. *Informes de la Construcción*, 44(421), 113-123. <https://doi.org/10.3989/ic.1992.v44.i421.1316>
- Adell, J. M. (2005). Gaudí y las bóvedas de las escuelas de la Sagrada Familia. *Informes de la Construcción*, 56(496). <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v57.i496.461>
- Benavent, P. (1967). *Cómo debo construir. Manual práctico de construcción de edificios*. Bosch Casa Editorial.
- Boesiger, W. (Ed.). (1995). *Le Corbusier Œuvre complète Volume 6- 1952-57*. Les Editions d'Architecture Zurich, Birkhäuser.
- Chudley, R. y Greeno, R. (2007). *Manual de construcción de edificios*. Editorial Gustavo Gili.
- Corres, E. (2002). Proyecto Dom-Ino: el sistema estructural. En *Massilia: anuario de estudios lecorbusierianos 2002, Anuario de Estudios Lecorbuserianos* (pp. 1-39). Fundación Caja de Arquitectos.
- Dearq 14. Colaboradores de Le Corbusier. *Revista de Arquitectura*, (1) (2014). https://issuu.com/dearq/docs/dearq_14_colaboradoes_de_le_corbusi/262
- Ford, E. R. (1996). Le Corbusier after 1928: 1928-1963. En *The Details of Modern Architecture* (Volume 2. 1928 to 1988) (pp. 165-215). The MIT Press.
- Frattaruolo, M. (2000). Las bóvedas in folio: tradición y continuidad. En *Actas III Congreso Nacional de Historia de la construcción* (pp. 327-334). Junta Andalucía; COAT Granada; CEHOPU.
- García, J., González, M. y Losada, J.C. (2012) *Arquitectura y construcción tabicada en torno a Eduardo Sacriste. Informes de la Construcción*, 64(525), 35-50. <https://doi.org/10.3989/ic.09.065>
- Gargiani, R., & Rosellini, A. (2011). *Le Corbusier. Béton Brut and Ineffable Space, 1940-1965. Surface Materials and Psychophysiology of Vision*. EPFL Press.
- González Cubero, J. (2003). La arquitectura del suelo: las casas Jaoul en Neuilly-sur-Seine. En *Massilia: anuario de estudios Lecorbuserianos 2003, Anuario de Estudios Lecorbuserianos* (pp. 153-161). Fundación Caja de Arquitectos.
- Heyman, J. (2015). La plasticidad del hormigón en masa y Análisis de membrana de cáscaras delgadas de fábrica. En S. Huerta (Ed.), *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica* (volumen II) (pp. 165-170 y 217-226). Gustavo Gili.
- Huerta, S. (2005). Mecánica de las bóvedas tabicadas. *Arquitectura COAM*, 339, 102-111. COAM.
- Jaoul, M. (1979). Les maisons de l'enfance, La maison Jaoul et Une maison entre ville et campagne. *Architecture d'Aujourd'hui*, (204), 85-86.
- Le Corbusier. (1983a). *Projet Roq et Rob, Roquebrune-Cap Martin, and Other Buildings and Projects, 1948-1950*. Garland Publishing; Fondation Le Corbusier.
- Le Corbusier. (1983b). *Ronchamp, Maisons Jaoul, and Other Building and Projects, 1951-1952*, Garland Publishing; Fondation Le Corbusier.
- Le Corbusier. (1998). *Vers une architecture*. Ediciones apóstrofe, Colección Poseidón. Trabajo original publicado en 1923.

- Le Corbusier. (2004a). *Mensaje a los Estudiantes de Arquitectura*. Ediciones Infinito. Trabajo original publicado en 1957.
- Le Corbusier. (2004b). *Une petite maison*. Ediciones Infinito. Trabajo original publicado en 1954.
- Levi, C. (1929). *Suelos de cemento armado. Construcción de casas*. Gustavo Gili.
- Maniaque Benton, C. (2003). Regarder dehors, pourquoi?: les maisons Jaoul entre modernité et art de vivre. En *Massilia: anuario de estudios lecorbusierianos 2003, Anuario de Estudios Lecorbusierianos* (pp. 153-161). Fundación Caja de Arquitectos.
- Maniaque Benton, C. (2005). *Le Corbusier et les maisons Jaoul. Projets et fabrique*. Picard.
- Maniaque Benton, C. (2009). Back to basics: Maisons jaoul and the art of the "mal foutu". *Journal of Architectural Education*, 63(1), 31-40. <https://doi.org/10.1111/j.1531-314X.2009.01026.x>
- Martín, D. (2015). Maisons Jaoul, confort higrotérmico y su percepción en la arquitectura de tipología unifamiliar de Le Corbusier. En *Le Corbusier 50 years later International Congress* (pp. 1-20). Universitat Politècnica de València. <http://dx.doi.org/10.4995/LC2015.2015.1005>
- Mas Guindal, A. J. y Adell, J. M. (2005). Eladio Dieste y la cerámica estructural en Uruguay. *Informes de la Construcción*, 56(496), 13-23. <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v57.i496.459>
- Minangoy, A. (diciembre de 1925). *Le Béton Armé Revue mensuelle technique et documentaire des Constructions en Béton Armé Système Hennebique*, (214), p.16.
- Moya, L. (1947). *Bóvedas tabicadas*. Ministerio de la Gobernación. Dirección General de Arquitectura.
- Petrignani, A. (1973). Suelos. En *Tecnologías de la arquitectura* (pp. 359-386). Gustavo Gili.
- Prelorenzo, C. (Ed.). (1990). *La conservation de l'oeuvre construite de Le Corbusier. Les rencontres de la Fondation Le Corbusier*. Fondation Le Corbusier.
- Prozorovich, A. (2011). La conservación del patrimonio histórico moderno. Entre la regla y la excepción. *Revista digital Vitruvius. Arqtextos*, 11(130). <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/11.130/3788>
- Prozorovich, A. y Roig, J. (2005). Rehabilitación de La Ricarda de Antonio Bonet. *Tectónica*, (18), 62-81.
- Quintana Guerrero, I. (2018). La colonie latino-américaine dans l'atelier parisien de Le Corbusier. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, (2). <http://journals.openedition.org/craup/525>
- Rowe, C. (1978). *Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays*. MIT Press.
- Salvo, S. (2007). Il restauro dell'architettura contemporanea como tema emergente, capítulo del tomo Grandi temi di restauro. En G. Carbonara (Ed.), *Trattato di restauro architettonico, Primo Aggiornamento* (pp. 265-335). UTET S.p.A. a Wolters Kluwer Italia Giuridica S.r.l.
- Salvo, S. (2017). Il Re è nudo! Riflessioni sullo stato di conservazione del patrimonio architettonico di Le Corbusier a cinquant'anni dalla morte. *Erph_ Revista electrónica De Patrimonio Histórico*, (19), 54-71. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/erph/article/view/5499>
- Sbriglio, J. (Ed.). (2011). *LC AU J1 Le Corbusier et la question du brutalisme*. Éditions Parenthèses.

- Simonnet, C. (2009). *Hormigón: Historia de un material*. Editorial Nerea.
- Spiegel, H. (1979). Le Corbusier: Structural mastery supports art. *Architectural Record*, 166(3), 68-75.
- Stirling, J. (1955). Garches to Jaoul. Le Corbusier as domestic architect in 1927 and 1953. *Architectural Review*, (118), 145-151.
- Summerson, J. (1979). *El lenguaje clásico de la arquitectura: De L.B. Alberti a Le Corbusier*. Editorial Gustavo Gili, S. A.
- Trias de Bes, J. y Casariego, P. (2016). De la técnica a la tecnología: construcción de forjados de cerámica abovedada mediante sistemas industrializados. *Informes de la Construcción*, 68(544), e169. <https://doi.org/10.3989/ic.15.168.m15>
- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Convention du patrimoine mondial (2 de diciembre de 2010). Volume II: Les Biens de la Série: La maison individuelle, Ville Savoye et maison du gardien, Poissy, France, 1928. *L'oeuvre architecturale et urbaine de Le Corbusier*. https://issuu.com/mnonica/docs/dossier_le_corbusier_doc6_6
- Viollet-le-Duc, E. (2004). *Historia de una casa, con un estudio de Javier Rivera*. Abada editores. Trabajo original publicado en 1873.
- Zevi, B. (Ed.). (1956). Ultime opere di Erich Mendelsohn e Le Corbusier. *L'Architettura Cronache e Storia*, (8), 111.