

Patrimonio industrial del medio rural: recuperación mediante materiales modulares y prefabricados

Rivero-Lamela, Gloria ^{(1,*), Ramos-Carranza, Amadeo} ⁽²⁾

(*) Autor de contacto: grivero@us.es 635182970 (G. Rivero-Lamela)

(1) Departamento de Proyectos Arquitectónicos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Universidad de Sevilla

(2) Departamento de Proyectos Arquitectónicos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Universidad de Sevilla

Resumen La arquitectura rural productiva supone uno de los conjuntos constructivos más significativos del patrimonio rural. En la comarca de la Sierra de Cádiz existe una red de más de 70 molinos hidráulicos cuyo estado de abandono y desuso hace que precisen una intervención como mecanismo de preservación, por ser bienes patrimoniales que testimonian las relaciones históricas de una comunidad. Se plantea el reto de intervenir en estas arquitecturas rurales construidas con sistemas tradicionales, con nuevos sistemas modulares mínimos que se inserten y permitan re-habitar sus espacios. Este artículo expone líneas de actuación con nuevos productos y sus tecnologías constructivas asociadas, bajo la economía del montaje ligero o automontaje, planteando estrategias de intervención ligadas a las ideas de reciclaje, ligereza, flexibilidad, modulación o economía medioambiental. Interesa, por lo tanto, explorar la capacidad de estas construcciones como un *laboratorio* donde se aúnen dos temas vigentes pero hasta ahora inconexos: patrimonio rural y sistemas modulares mínimos e industrializados. Este planteamiento comienza con unas premisas básicas sobre prefabricación e industrialización, continúa con la elección de unos sistemas acordes a los nuevos objetivos medioambientales y la detección de los productos afines a los principios y necesidades del proyecto, para, finalmente, ensayarlos en un lugar concreto: el molino hidráulico de El Rodezno, proponiendo unos esquemas de intervención mediante un sistema modular mínimo.

Palabras clave Intervención patrimonial, Molinos hidráulicos, Prefabricación, Industrialización, Modulación.

1 Introducción

La arquitectura rural productiva, conformada por molinos, pósitos, cillas, tercias, cortijos, haciendas, lagares, etc., supone uno de los conjuntos edificatorios más significativos de la construcción civil del sur de la península ibérica. Acorde a esta importancia, el paso del tiempo ha perfilado un horizonte constructivo de una riqueza y diversidad poco frecuentes, cuyos valores y mera supervivencia, sin embargo, se han visto gravemente amenazados en las últimas décadas a raíz de las transformaciones que han afectado al medio rural (Olmedo, 2007). Estas arquitecturas son partes constitutivas de un paisaje con valor patrimonial, explicativas del territorio en el que se sitúan. Incluso en su estado actual de desuso, justifican la estructura social, cultural y económica de una región.

La arquitectura, como una ciencia empírica, precisa de lo concreto para reconocer, revisar y posicionar críticamente una metodología. Por ello, esta investigación necesita elegir un escenario con actores bien definidos; en nuestro caso los molinos hidráulicos de la Sierra de Cádiz. Esta región, situada en el extremo nororiental de la provincia, cuenta con unos aspectos fisiográficos, paisajísticos y humanos diferenciadores. Las condiciones orográficas e hidrográficas de esta zona, así como su carácter serrano, de poblamiento y explotación económica definidos por la dispersión y organizado en pequeñas propiedades, han propiciado la supervivencia de sus molinos hidráulicos, que siguen constituyendo una red que aporta una interesante lectura histórica y logística del territorio.

Este artículo expone líneas de actuación en estas arquitecturas tradicionales de este ámbito rural, con nuevos productos y sus tecnologías constructivas asociadas, bajo la economía del montaje ligero o automontaje, que posibiliten su recuperación permitiendo su reutilización. No se trata de definir nuevos usos sino de plantear estrategias de intervención ligadas a las ideas de reciclaje, ligereza, flexibilidad, modulación o economía medioambiental; es decir, explorar la capacidad de estas construcciones como un *laboratorio* donde se aúnen dos temas vigentes pero hasta ahora inconexos: patrimonio rural y materiales y/o sistemas prefabricados e industrializados.

Metodológicamente, esta investigación en curso, se estructura en tres partes de los que se derivan posteriormente una importante y extensa sistematización de información. Una primera se dedica al estudio de sistemas prefabricados empleados en arquitecturas paradigmáticas para conocer su funcionamiento y posibilidades. Se pretende así sistematizar las características técnicas derivadas de su sistema constructivo y comportamiento estructural. Tras una selección de estos primeros modelos, una segunda parte investiga cómo actualizar estas soluciones constructivas mediante productos, materiales y técnicas que ofrece hoy la industria de la construcción para dar lugar a nuevas soluciones que respondan a los criterios antes enunciados. Por último, atendiendo al carácter experimental de esta investigación, planteamos en el molino hidráulico de El Rodezno, situado en Ubrique, en estado de semi-ruina, posibles estrategias de intervención con sistemas estructurales mí-

nimos contruidos con productos y materiales prefabricados que cumplen los requisitos del *Triple Zero Concept*, verificando sus posibilidades y capacidad de adaptación y como consecuencia de los estudios acometidos en las dos partes precedentes.

2 Sobre prefabricación.

La *industria de la construcción* fabrica productos de construcción por medio de técnicas industriales en plantas de trabajo especializadas que procesan los materiales para dar lugar a elementos constructivos, independientemente de las condiciones atmosféricas y bajo unas condiciones de producción óptimas (Staib et al. 2008). La *prefabricación* es una forma de materializarse el proceso de industrialización de la construcción (Salas 2008). Una de sus principales ventajas es la reducción de tiempos en la obra y, con ello, de costes. El modelo productivo que caracteriza la construcción de la arquitectura puede sintetizarse en la secuencia lineal extracción - fabricación - uso - residuo. Este modelo acusa una carga y presión ambiental sobre el planeta. Frente a este panorama, es necesario cambiar el modelo productivo lineal por un sistema cíclico, cerrado: reciclaje - fabricación - uso - nuevo reciclaje (Wadel et al. 2010).

En la construcción prefabricada son los elementos individuales los que determinan si el proceso es *cerrado* o *abierto*. En el sistema *cerrado* un único fabricante realiza todos los elementos constructivos; están coordinados entre sí por lo que no se pueden intercambiar. Este sistema, con los grandes paneles como elemento dominante, tuvo su periodo de esplendor en Europa durante 1950-1970. Sin embargo, la crisis de la década posterior² agudizó el debate sobre sus limitaciones. Este método origina productos homogéneos y estandarizados, sin embargo, la arquitectura no constituye un producto cerrado ni uniforme. Un sistema industrializado eficaz es el *abierto* que puede adaptarse a cualquier arquitectura. El reto de la arquitectura no consiste en mimetizarse en un producto industrial acabado sino en construirse utilizando procesos industriales de ensamblaje de los componentes de un catálogo siempre abierto a soluciones innovadoras (Ruiz-Larrea et al. 2008). Como apunta J. Stirling (1968), cada proyecto posee particularidades (Fig. 1):

I would argue that our buildings have always evolved from a broad but usually complex understanding of logic. Logic is many faceted and its properties are not normally the same for every buildings; each project has its own hierarchy of importance, sometimes revealed by Client's Brief and always determined by the sensibility of the Architect.

¹ La palabra *prefabricación* no está en el Diccionario de la RAE; en cambio, sí aparece el adjetivo *prefabricado*: dicho de una construcción: formada por partes fabricadas previamente para su montaje posterior.

² Crisis económica de 1970-1973 y crisis del petróleo que conllevó a la reducción considerable del tamaño medio de las obras.

Por ello, a partir de 1985 se desarrollaron los sistemas *abiertos*, que ofrecen la posibilidad de construir combinando productos prefabricados de diferentes procedencias y generados con distintas formas de producción pero bajo la disciplina industrial, lo que flexibiliza y amplía las posibilidades constructivas. A pesar de que la evolución de la *industrialización* en la construcción no es lineal ni homogénea ni responde a una fecha de inicio concreta, son importantes los estudios que han conformado su marco teórico. Una de las aportaciones más relevantes en el campo de la vivienda ha sido el método de los *soportes*, elaborado en Holanda en los años 60 por N. J. Habraken, que se basa en la idea de separar todo lo inamovible de un edificio –soportes–, de aquello que puede ser transformable y que pueda depender del usuario (Habraken, 1962). A raíz de sus ideas se creó en 1964 el SAR (Stichting Architecten Research), bajo el que Habraken propuso programas piloto y prototipos, y que ha derivado en el *Open Building*³. Una aplicación actual con base en esta teoría de Habraken la propone E. Corres en el Sistema C (Fig. 2):



Fig. 1 Edificio de Ingeniería para la Universidad de Leicester (Stirling, 1968)

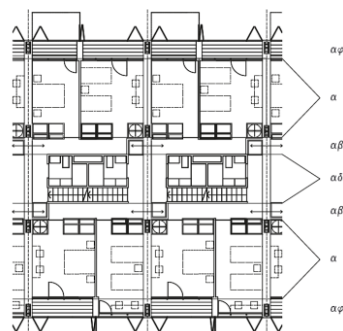


Fig. 2 Sistema C, basado en el método los Soportes (Corres, 2012)

La *industrialización a base de componentes* conforma los elementos funcionales o unidades de proyecto, que son el grupo de variables que deben ser objeto de decisiones conjuntas de diseño (Salas 2008), y deben ser, en primer lugar, componentes estandarizados y dimensionalmente coordinados, para posibilitar el intercambio y las agregaciones.

Con estas nociones básicas sobre prefabricación podremos entender mejor hacia dónde se dirigen las últimas reflexiones sobre la industria de la construcción. Así, la *ecología industrial* (Cervantes 2011), compara los sistemas industriales con los ecosistemas naturales, entendiendo los flujos de materiales como un metabo-

³ Fundamentos del Open Building (Kendall y Teicher, 2000): separación entre el soporte que forma parte de la estructura permanente y tiene característica de inmueble y colectivo y el relleno que aspira a ser alterado, porque haya cumplido su vida útil o por deseo del usuario; participación de los usuarios finales en el proceso de diseño; diseño de la edificación como proceso multidisciplinar; el medio construido en constante transformación debe ser reconocido y comprendido; el medio construido es producto de un proceso continuo de diseño.

lismo en el que los residuos de una actividad pueden ser los recursos de sí misma, o bien de otra. Esta idea de crecimiento natural ya la apuntó en 1968 Jorn Utzon al reflexionar sobre los conceptos *tradición* y *renovación* durante la construcción de su edificio ensamblado en Kuwait, la National Assembly. Señalaba la *flexibilidad* como una de las características más importantes del progreso, al afirmar que:

The building thrives like a tree putting out new shoots, getting new branches that can be cut off if necessary, but following the pattern of nature. In the first instance, the project was slightly pruned. Since then it has found its natural growth.

De todo esto podemos obtener algunas claves y pautas que deben regir las nuevas intervenciones y rehabilitaciones bajo la industrialización de la construcción: reducir el número de materiales, garantizando que sean reciclados o que se puedan reciclar y que supongan un bajo impacto ambiental, utilizar sistemas constructivos abiertos que permitan la sustitución de las partes, haciéndolo de esta manera perfectible... No es operativo hablar de programas funcionales cerrados para las arquitecturas rurales objetos de estudio, que por su ubicación y su propia fisonomía pueden albergar una amplia variedad de usos tanto públicos como privados.

2.1 Análisis de sistemas industrializados prefabricados

Analizamos a continuación brevemente las características compositivas y medioambientales de tres materiales por su frecuente empleo como componentes de sistemas prefabricados en rehabilitación: madera, acero estructural y acero ligero.

2.1.1 Madera laminada y contralaminada

Es combinable con otros materiales de aislamiento y elementos de cerramiento en seco como el cartón-yeso, dando lugar a paneles de madera contralaminada (paneles sándwich), aptos para casi todos los elementos de un edificio (paneles de cerramiento, particiones interiores, forjados, cubiertas...). Además, este sistema es compatible con cualquier otro sistema de construcción del mercado, posibilitando una construcción totalmente seca.

La conductividad térmica de una conífera ligera es de $\lambda = 0,13 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ según el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, con una transmitancia térmica del orden de $1,58 < 0,59 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para grosores de 60 a 200 mm respectivamente, lo que da lugar a un buen comportamiento térmico, cuya capacidad aislante puede triplicar, para un mismo grosor, al de un sistema constructivo de doble hoja de ladrillo, permitiendo un ahorro en climatización y una disminución de la demanda energética del edificio. Si se compara con los sistemas prefabricados metálicos (Bestraten y Hormías 2015), los prefabricados de madera tienen mejor comportamiento en los siguientes criterios de sostenibilidad: 58% menos de emisiones de

CO₂, 37% menos de consumo de calefacción y 55% más de aislamiento global. Acerca de las características medioambientales, se deben usar utilizar certificados que garanticen la gestión sostenible de los bosques⁴. La utilización de combustibles fósiles es muy escasa, minimizando las emisiones de CO₂ y reduciendo el consumo energético en un 80% y los residuos generados en un 60% respecto a los procesos de fabricación de materiales como el hormigón, el ladrillo o el metal (Rodríguez 2012). El material utilizado es 100% reciclable y reutilizable y, al existir la posibilidad de dejar visto el material, se reduce también la necesidad de acabados respecto a la construcción convencional.

2.1.2 Acero estructural industrializado

Perfiles estructurales, barras y chapas, piezas de acero laminado cuyo montaje se realiza con uniones metálicas, resultando un sistema seco en un alto grado. Se trata de un sistema abierto, usado principalmente para la construcción de estructuras, que pueden ser compatibles con otros materiales constructivos. Las principales ventajas del sistema radican en la rapidez de fabricación, montaje y ensamblaje, su excelente resistencia mecánica, que da lugar a estructuras rígidas pero ligeras y esbeltas al mismo tiempo, el alto nivel de control de calidad... Además, el acero puede reutilizarse o reciclarse para obtener nuevo acero: 90% del producto es reciclado. Es importante conocer las limitaciones de tamaño y peso por el transporte y manipulación en obra. Las ventajas compositivas de este sistema, por su condición lineal y esbelta, son numerosas: posibilita espacios diáfanos y flexibles, con capacidad para modificaciones futuras.

En cuanto a los forjados prefabricados, se distinguen dos grupos: mixtos y secos. Los mixtos requieren una fase previa de montaje y el vertido posterior del hormigón, contrario a nuestros objetivos. Con respecto a los forjados secos, se están comercializando nuevos tipos que aún no han recibido nombre genérico⁵.

Desde la perspectiva medioambiental, es fundamental el reciclaje constante del material. Además, las condiciones de trabajo son más seguras, controladas y programadas, sin emitir sustancias contaminantes al ambiente.

2.1.3 Acero ligero. Light Steel framing

Se trata de un sistema constructivo basado en un esqueleto estructural constituido por perfiles de acero galvanizado conformados en frío, dispuestos cada 40-60 cm unidos mediante tornillos autotaladrantes, que trabajan de manera uniforme, dando lugar a paneles estructurales y no estructurales. La envolvente se realiza con pane-

⁴ Citamos como ejemplos los certificados PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) o FSC (Forest Stewardship Council).

⁵ *Supportsol* y *Cofratherm*, forjados sin hormigón, productos de ArcelorMittal.

les hidrófugos e ignífugos que pueden recibir diferentes acabados. Se pueden añadir otros subsistemas como aislamientos, instalaciones, impermeabilización y acabados. Todos ellos dan lugar a un sistema abierto y ligero que se puede integrar con otros sistemas constructivos y acabados tradicionales.

Respecto a su comportamiento térmico, el sistema se califica como muy eficiente gracias al sistema multicapa de aislamiento y a sus posibilidades de optimización sin incremento en el espesor de los muros. Debido a su ligereza, no sobrecarga los elementos existentes. Se trata de un material reciclado y reciclable, que se puede desmontar permitiendo su reutilización. En obra, la reducción de residuos es alta, y el consumo de agua y energía con respecto a otros sistemas es bajo.

2.2 Horizonte 2020 y Triple Zero Concept

Con otras palabras lo recoge uno de los objetivos para el Patrimonio Cultural de *Horizonte 2020*, Programa Marco para el periodo 2014-2020 encuadrado bajo la estrategia *Europa 2020*:

El objetivo consiste en brindar conocimientos y soluciones innovadoras, por medio de estrategias, metodologías, tecnologías, productos y servicios de adaptación y mitigación, con miras a la conservación y gestión del patrimonio cultural tangible de Europa expuesto a riesgos con motivo del cambio climático.

La transformación continua de nuestro entorno social es un hecho consustancial de la dinámica cultural. Si se considera que los molinos hidráulicos desempeñan un papel relevante dentro del concepto y usos del Patrimonio Cultural no es sólo por formar parte de nuestra memoria o constituir nuestras identidades colectivas, sino también por su contribución al sostenimiento económico (recursos arquitectónicos para el desarrollo rural y el turismo sostenible) y por ser factores potenciales de progreso e innovación. Se vislumbra una nueva aproximación a los aspectos más evidentes de la tradición edificatoria para incorporarlos a los nuevos modelos constructivos, encaminados a cumplir los propósitos de la arquitectura bioclimática, de los nuevos parámetros de materiales, estructuras y ahorro energético... tendencias que revisan, aprenden e incorporan soluciones, sistemas y técnicas tradicionales utilizadas desde antiguo por la arquitectura rural.

Nuevas líneas de trabajo que tienen los mismos objetivos, como la *Triple Zero Concept*⁶, que tiene en cuenta los tres tiempos vitales de los materiales: el *antes* -cero emisión-, empleando materiales que no emitan sustancias nocivas al medio ambiente durante su fabricación; el *durante* -cero energía-, que exige la reducción del consumo de energía en los sistemas operativos de un edificio empleando únicamente energías renovables; el *después* -cero residuos-, utilizando materiales o sistemas de construcción que puedan ser flexibles, reciclables y desmontables, y que se puedan volver a introducir en el ciclo de los materiales.

⁶ Concepto desarrollado por el arquitecto e ingeniero alemán Werner Sobek.

3 Elección de un lugar de ensayo: molino hidráulico El Rodezno.



Fig. 3 El Rodezno en la actualidad (invierno 2016). A la derecha los restos del molino y a la izquierda, restos de las antiguas tenerías

Es imprescindible un levantamiento arquitectónico de su estado original (Fig. 3), reconociéndose la zona de las tenerías y la zona del molino harinero (Fig. 4).

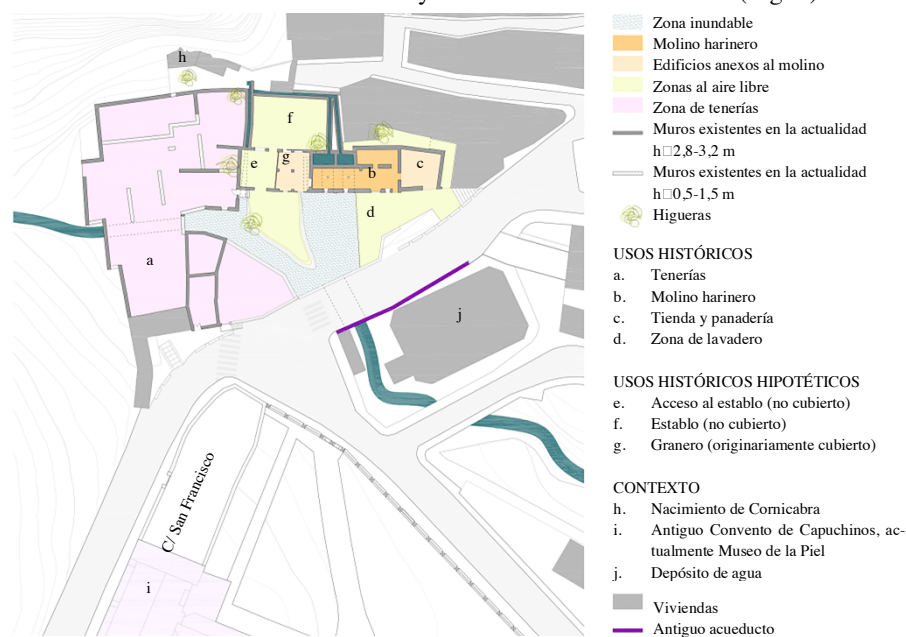


Fig. 4 Levantamiento de El Rodezno en la actualidad. Plano de usos históricos

En un principio, la calle San Francisco estaba al mismo nivel que las zonas no inundables (Fig. 5). Estas imágenes muestran un acueducto cuya creación, en 1723, está unida al antiguo Convento de los Capuchinos. Se mantuvo activo hasta 1937, año en que se realizó la obra de traída de agua a la localidad de Ubrique, lo que elevó la calle San Francisco para las conducciones subterráneas, produciendo el actual desnivel existente con El Rodezno y dificultando su acceso (Fig. 6). La elevación de la calle supuso que parte del acueducto quedara oculto (Fig. 7).

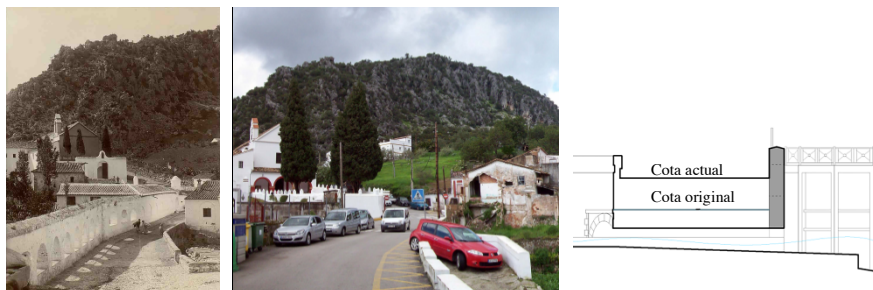


Fig. 5 C/ San Francisco 1908 (Romero, 1934) **Fig. 6** C/ San Francisco, 2016

Fig. 7 Sección C/ San Francisco

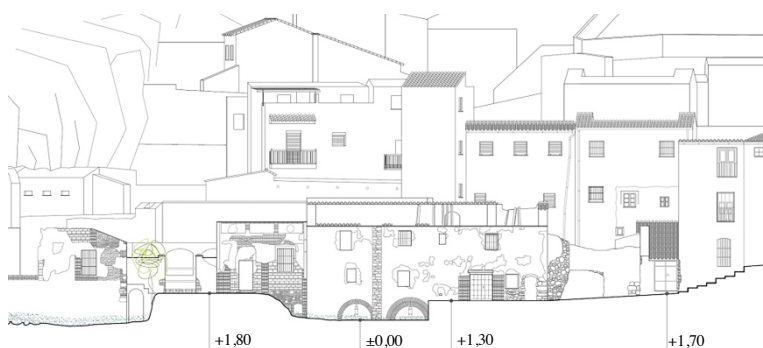


Fig. 8 Alzado de El Rodezno, estado actual

La estructura del edificio, que tenía dos plantas, es de tipo mixto, con muros de carga de mampostería de piedra irregular, tomados con argamasa de arena y cal, de 60-65 cm de espesor y vigas de madera. La cubierta, a dos aguas mediante estructura de madera cubierta de teja árabe. Actualmente se mantienen sus muros portantes pero han desaparecido el forjado de primera planta y la cubierta (Fig. 8).

3.1 Estrategias de intervención

En este momento de la investigación⁷ no podemos llegar a proponer soluciones concretas de intervención, pero sí a plantear esquemas y a enunciar una serie de

⁷ Este artículo se enmarca en la línea de investigación de los autores, que ensayaron, bajo los mismos principios *-sistemas prefabricados mínimos-*, la recuperación de los espacios libres en las Siedlungen de Ernst May, concluyendo en la definición de un prototipo modular; misma filosofía de proyecto pero cambiando el soporte, de jardín a molino (Ramos-Carranza et al. 2015).

estrategias que los sistemas de prefabricación elegidos deben satisfacer cuando se implementen en El Rodezno. Estos requisitos serían extrapolables a actuaciones en otros molinos hidráulicos dadas sus semejanzas espaciales y constructivas.

- Sistemas abiertos, compatibles con la construcción tradicional existente.
- Sistemas disponibles en la actual industria de la construcción.
- Reducir el número de materiales.
- Obra seca, para reducir tiempos de montaje, emisiones y residuos.
- Sistemas modulares mínimos (dimensiones de crujeas: 4,30 y 3,30 m).
- Sistemas desmontables y perfectibles, reutilizables o reciclables.
- Sistemas ligeros, bajo peso, evita sobrecargas y facilita el automontaje.

De acuerdo al artículo 20 de la Ley del Patrimonio Histórico de Andalucía de 2007, las adiciones de partes deberán ser reconocibles para evitar las confusiones miméticas. Por ello, buscamos que la espacialidad del contenedor –el molino- sea reconocible en su totalidad, por lo que los nuevos módulos prefabricados que introduzcamos en él deben evitar, lo máximo posible, el contacto directo con los muros portantes, excepto cuando contribuyan a arriostrar los muros preexistentes.

Los materiales analizados en el apartado 2.1 (madera, acero laminado y acero conformado en frío, que pueden cumplir las premisas antes expuestas) dan lugar, bajo la disciplina industrial, a:

- Productos lineales: vigas y pilares
- 2D, productos superficiales: chapas, tableros y paneles autoportantes o no.
- 3D, módulos espaciales.

La combinatoria posible con esta triple gama de productos es muy amplia. Dejando sin analizar en este artículo los módulos espaciales de taller, se opta por un sistema constructivo de vigas, pilares y paneles. Las dimensiones de los paneles de las empresas del sector consultadas⁸ determinarán la modulación estructural y las longitudes de los elementos lineales. Si fijamos como objetivo de partida la reducción del número de materiales empleados, se abren dos posibilidades constructivas: madera y acero. Para plasmar en este artículo los análisis y las propuestas compositivas realizadas seleccionamos la madera como material principal. Atendemos a dos tipos de paneles del mercado para fijar la retícula estructural:

- Madera laminada: panel *Thermochip*. Dimensiones: 550 x 2.400 mm.
- Madera contralaminada: panel *EGO_CLT* y *EGO_CLT MIX* (con aislamiento). Dimensiones usuales (límite de transporte): 2.400 x 10.000 mm.

Una retícula de vigas y pilares de madera de 2,40 x 1,65 m (Fig. 9) se coordina dimensionalmente con los dos formatos anteriores, combinando ambos paneles (*Thermochip* para cubierta y *EGO_CLT* para forjado de plana primera). Una estructura independiente del molino: 16 módulos insertos entre los muros de mampostería preexistentes. Los módulos conexos evitarían la duplicidad de pilares. Para colmatar las superficies horizontales de la retícula en El Rodezno (Fig. 10), se necesitarían 48 paneles *Thermochip* y 7 paneles *EGO_CLT* de 2.400 x 10.000 mm

⁸ *CupaGroup* para madera laminada y *EgoIn* para madera contralaminada.

(cada panel se dividiría en 3 paneles de 2.400 x 3.300 mm, colmatando dos módulos, por lo que estarían triapoyados).

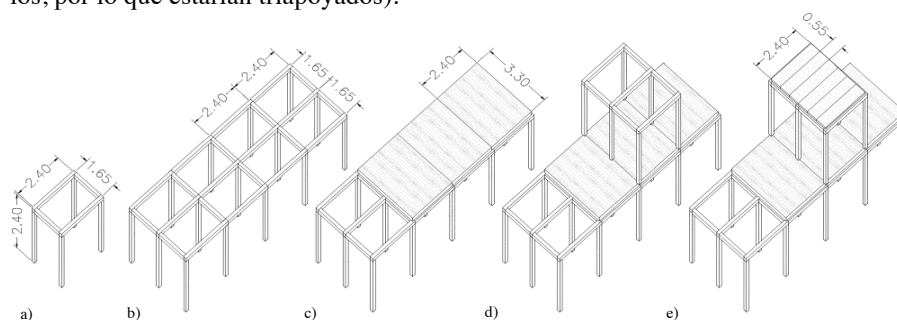


Fig. 9 a) Estructura modular. b) Adición de módulos. c) Colocación de paneles de madera contralaminada *EGO_CLT*. d) Adición de módulos en altura. e) Colocación de paneles *Thermochip*

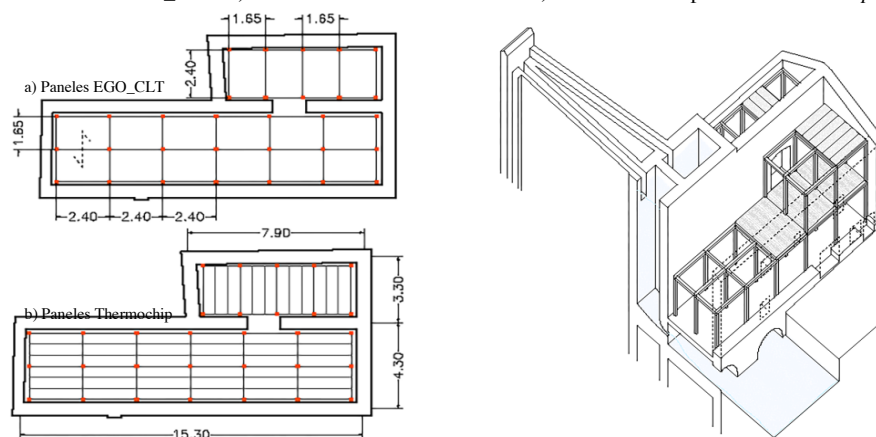


Fig. 10 Inserción del sistema modular en El Rodezno. Plantas y axonometría

4 Conclusiones

Este artículo expone algunas de las claves iniciales de la investigación en curso de sus autores. Se parte de detectar arquitecturas con valores patrimoniales que, por su estado de abandono y desuso, necesitan una intervención de recuperación como mecanismo de preservación. Se plantea el reto de intervenir en ellas desde la concepción de estas arquitecturas preexistentes como *contenedores* en los que insertar sistemas modulares mínimos que provengan de la industria de la construcción y permitan *re-habitar* los espacios cuando sea preciso, sin un uso predefinido. Estos sistemas mínimos se montan, se amplían y se apilan, se desmontan, se reciclan... Se convierten en un sistema vivo con capacidad de adaptación a las preexistencias y a las demandas energéticas. Las razones que justifican este enfoque son varias y

se sustentan en criterios de racionalidad, sostenibilidad, innovación y optimización de tiempo, recursos y materiales.

Con base en unas premisas previas de proyecto, se han seleccionado tres materiales con productos disponibles en el mercado, acordes a los intereses de la investigación, y se ha ensayado una solución de modulación con uno de ellos, la madera. Con el avance de la investigación se deberán contemplar el resto de materiales así como posibles combinaciones. Conseguir el sistema modular óptimo, conllevarán los cálculos estructurales y económicos correspondientes. Se trata, pues, de una investigación abierta, en progreso, cuyo objetivo, como anuncia el presente Congreso, es concluir en una solución sostenible y ecoeficiente: un sistema modular mínimo aplicable a un proyecto de mayor escala también sostenible: recuperar y reactivar arquitectura rural productiva.

5 Citas y Referencias

- Bestraten S, Hormías E (2015) Una escuela para una educación sostenibles. Paper presented at the 2nd Congrès UPC Sostenible 2015, Universitat Politècnica de Catalunya, 9-10 July 2015
- Cervantes G (2011) Ecología industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales. *Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo* 6: 59-78
- Corres E (2012) Sistema C.-Vivienda colecta a la carta. Proyecto, progreso, arquitectura 6: 94-113
- Habraken NJ (1976) Soportes: una alternativa al alojamiento de masas. Alberto Corazón, Madrid. Dutch edition: Habraken NJ (1962) De Draggers en de Mensen. Scheltema, Amsterdam.
- Kendall S y Teicher J (2000) Residential Open Building. Spon press, London and New York
- Olmedo Granados F (2007) La arquitectura agraria en Andalucía. In: Gil Pérez M. D. (ed) Cortijos, haciendas y lagares en Andalucía de Cádiz, 3rd edn. D.G.A.V, C.O.P.T., Sevilla, p 13-19.
- Ramos-Carranza A et al. (2015) Estrategia de recuperación de los espacios libres en las siedlungen de Ernst May (Frankfurt) mediante sistemas prefabricados (Jean Prouvé). Paper presented at the Congress Obsolescence and Renovation. 20th Century Housing in the New Millennium, Universidad de Sevilla y Architecture Media Politics Society, 14-15 December 2015
- Rodríguez J (coord) (2012) Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección pública en el ámbito de la CAPV / IDEFABRIK, Equipo de Investigación. Departamento de Arquitectura, Universidad del País Vasco, San Sebastián
- Romero de Torres E (1934) Catálogo de los Monumentos Históricos y Artísticos de la Provincia de Cádiz, Tomo VI. Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, Madrid
- Ruiz-Larrea C, Prieto E y Gómez A (2008) Arquitectura, Industria, Sostenibilidad. *Informes de la construcción* 60 (512): 35-45. doi: 10.3989/ic.08.037
- Salas J (2008) De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico. *Informes de la construcción* 60 (512): 19-34. doi: 10.3989/ic.07.001
- Staib G, Dörrhöfer, A y Rosenthal M (2008) Components and systems: modular construction: design structure new technologies. Detail, Basel
- Stirling J (1968) Anti-Structure. *Zodiac* 18: 51-63
- Utzon J (2008) Kuwait National Assembly: prefab. Blondal, Hellerup
- Wadel G, Avellaneda J y Cuchí A (2010) La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la construcción* 62 (517): 37-51. doi: 10.3989/ic.09.067