

METODOLOGÍA Y PROPUESTA PARA LA REHABILITACIÓN SOSTENIBLE Y DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL DEL PATRIMONIO RURAL

METHODOLOGY AND PROPOSAL FOR SUSTAINABLE AND LOW ENVIRONMENTAL IMPACT REHABILITATION OF RURAL HERITAGE

Salvador Gilabert Sanz; orcid 0000-0001-9035-6649 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

José-Vicente Oliver Villanueva; orcid 0000-0003-2842-7834 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (UPV)

Melchor Monleón Doménech; INVESTIGADOR INDEPENDIENTE

Adolfo Alonso Durá; orcid 0000-0002-5887-5489 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Sandra Ruiz Ramírez; MÁSTER UNIVERSITARIO CONSERVACIÓN DE PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO-UPV

doi: [10.4995/ega.2024.20100](https://doi.org/10.4995/ega.2024.20100)





La situación de despoblación que atraviesa el medio rural en España desde hace más de medio siglo ha conllevado al progresivo abandono y pérdida de la arquitectura tradicional en entornos agroforestales.

En el contexto actual, donde los criterios de sostenibilidad establecen un paradigma, el rescate y reutilización de estas construcciones tradicionales (masías, alquerías, ventas, corrales, etc.) representa en sí una actuación sostenible. Implementar soluciones arquitectónicas de bajo impacto ambiental y económicamente viables que contribuyan a la revitalización del patrimonio rural, es una muy buena oportunidad para desarrollar y aplicar nuevas metodologías y materiales en procesos y sistemas de construcción sostenible, tal como marca el Pacto Verde Europeo y, concretamente, con la Estrategia Europea de Bioeconomía y la Directiva de Eficiencia Energética. Bajo estos principios, en este trabajo se propone una metodología de intervención que permite la integración de la arquitectura

preexistente con elementos prefabricados, constituidos mediante madera y corcho como materiales ecológicos. Como ejemplo de aplicación de esta metodología, se expone la intervención para la rehabilitación de un edificio rural en ruinas con el fin de ser utilizado con uso público, concretamente como centro de interpretación de un yacimiento arqueológico íbero.

PALABRAS CLAVE: CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, MADERA, ARQUITECTURA TRADICIONAL, PATRIMONIO, RURAL, EFICIENCIA ENERGÉTICA

The situation of depopulation that rural Spain has been experiencing for more than half a century has led to the progressive abandonment and loss of traditional architecture in agroforestry environments. In the current context, where sustainability criteria set a paradigm, the rescue and reuse of these traditional constructions (farmhouses, farmhouses, inns, corrals, etc.) represents in itself a sustainable action.

Implementing low environmental impact and economically viable architectural solutions that contribute to the revitalisation of rural heritage is a very good opportunity to develop and apply new methodologies and materials in sustainable construction processes and systems, as set out in the European Green Pact and, specifically, in the European Bioeconomy Strategy and the Energy Efficiency Directive. Under these principles, this work proposes an intervention methodology that allows the integration of the pre-existing architecture with prefabricated elements made of wood and cork as ecological materials. As an example of the application of this methodology, the intervention for the rehabilitation of a rural building in ruins is presented in order to be used for public use, specifically as an interpretation centre for an Iberian archaeological site.

KEYWORDS: SUSTAINABLE CONSTRUCTION, TIMBER, TRADITIONAL ARCHITECTURE, HERITAGE; RURAL, ENERGY EFFICIENCY, SUSTAINABLE BUILDING, ENERGY EFFICIENCY

Introducción

La construcción de edificios, su uso y posterior demolición representa un considerable generador de emisiones de CO₂, productor de residuos sólidos y consumidor de materias primas y energía. Así, según la Comisión Europea, los edificios de la Unión Europea son responsables del 40% de nuestro consumo de energía y del 36 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (Comisión EU 2021a). En diciembre de 2021, la Comisión Europea aprobó una propuesta legislativa para revisar la Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios, que forma parte del paquete conocido

como «Objetivo 55» (Comisión EU 2021b). La nueva Legislación Europea sobre el Clima (Comisión EU 2021c) convirtió los objetivos para 2030 y 2050 en vinculantes, centrandose en la reducción de emisiones en el sector de la construcción. La construcción sostenible debe contribuir a la reducción de la elevada huella de carbono y a la mejora sustancial de la eficiencia energética (Gan et al. 2020). La construcción sostenible avanza todavía muy lentamente en nuestras regiones, concentrándose en las zonas urbanas (Jensen et al. 2018). Los materiales sostenibles derivados de recursos naturales

Introduction

The construction of buildings, their use and subsequent demolition represents a considerable generator of CO₂ emissions, a producer of solid waste and a consumer of raw materials and energy. Thus, according to the European Commission, buildings in the European Union are responsible for 40% of our energy consumption and 36% of our energy consumption. % of greenhouse gas emissions (EU Commission 2021a). In December 2021, the European Commission adopted a legislative proposal to revise the Energy Performance of Buildings Directive, which is part of the so-called "Target 55" package (EU Commission 2021b). The new European Climate Legislation (EU Commission 2021c) made the 2030 and 2050 targets binding, focusing specific targets on emission reductions in the building sector.



Sustainable construction should contribute to reducing the high carbon footprint and substantially improving energy efficiency (Gan et al. 2020). Sustainable construction is still progressing very slowly in our regions, concentrated in urban areas (Jensen et al. 2018). Sustainable materials derived from renewable natural resources, especially forest resources (wood and cork), are slowly penetrating the sector in Europe (Hildebrandt et al. 2017) and even more slowly in Spain (Arriaga 2022). Moreover, forestry activity has been abandoned in many rural areas, especially on the Mediterranean side (Delgado-Artés et al. 2022). As a result, the skills related to the innovation of wood-based materials have not been developed by companies in the sector either, being limited to the importation of new elements (glued laminated timber, micro-laminated timber, etc.) from other countries. Due to the abandonment of forest management in large areas of Spain, forest products have a low price and, consequently, forestry work has a high cost and a low return, so they are abandoned. The resulting accumulation of biomass and the effects of climate change worsen the situation of Mediterranean forests, increasing the risk of large forest fires (Salis et al. 2022). However, the sustainable use of these underutilised resources by local companies opens up an interesting future for the value chain of sustainable timber construction in rural Mediterranean areas, especially in the rehabilitation of buildings located in agroforestry areas such as farmhouses, ventas or alquerías. In this context, in a very limited economy in terms of resources, as is often the case in rural areas, tackling large-scale interventions can be a complex task and, for various reasons, difficult to carry out. Demonstrating that good rehabilitation does not entail an unmanageable economic effort and a waste of technical and material resources is the first step. Consequently, the design and application of an appropriate methodology when carrying out the intervention on a specific architectural project plays a fundamental role in reducing the environmental impact, starting with the reduction of the carbon footprint. Assimilating the bioclimatic teachings of traditional architecture becomes an essential exercise in this context. For all these reasons, the aim of this work is the design of an efficient intervention methodology in rural architecture,

1. Principales tipologías por comarcas de la Comunidad Valencia. Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida de la Tesis Doctoral “Arquitectura Valenciana” y el mapa comarcal “Mapes escolars 2018” del Institut Cartogràfic Valencià, Generalitat Valenciana

renovables, sobre todo en recursos forestales (madera y corcho), van lentamente penetrando en el sector en Europa (Hildebrandt et al. 2017) y todavía de forma más lenta en España (Arriaga 2022). Además, la actividad forestal se ha abandonado en muchas de las áreas rurales, sobre todo en la vertiente mediterránea (Delgado-Artés et al. 2022). Por ello las habilidades relacionadas con la innovación de materiales derivados de la madera tampoco se han ido desarrollando por las empresas del sector, limitándose a la importación de nuevos elementos (madera laminada encolada, madera microlaminada, etc.) de otros países. Por el abandono de la gestión forestal en amplias zonas de España, los productos forestales tienen un precio bajo y, en consecuencia, los trabajos forestales tienen un alto coste y un bajo retorno, por lo que se abandonan. La consiguiente acumulación de biomasa y los efectos del cambio climático empeoran la situación de los montes mediterráneos, acrecentándose el riesgo de grandes incendios forestales (Salis et al. 2022). Sin embargo, el aprovechamiento sostenible de estos recursos infrautilizados por parte de las empresas locales abre un interesante futuro para la cadena de valor de la construcción sostenible en madera en zonas rurales mediterráneas, sobre todo en rehabilitación de edificios enclavados en áreas agroforestales como son las masías, ventas o alquerías.

En este contexto, en una economía muy limitada en recursos, como suele ser la del medio rural, afrontar intervenciones de gran envergadura puede suponer una tarea compleja y por diferentes motivos, difícil de llevar a cabo. Demostrar que una buena rehabilitación no

1. Main typologies by comarcas of the Valencia Region. Source: Own elaboration based on the information obtained from the Doctoral Thesis “Arquitectura Valenciana” and the county map “Mapes escolars 2018” of the Institut Cartogràfic Valencià, Generalitat Valenciana

conlleva un esfuerzo económico inabarcable y un derroche de recursos técnicos y materiales, constituye el primer paso. En consecuencia, el diseño y aplicación de una metodología adecuada a la hora de realizar la intervención sobre un proyecto arquitectónico concreto desempeña un papel fundamental para disminuir el impacto ambiental, empezando por la reducción de la huella de carbono. Asimilar las enseñanzas bioclimáticas de la arquitectura tradicional se convierte un ejercicio primordial en este contexto.

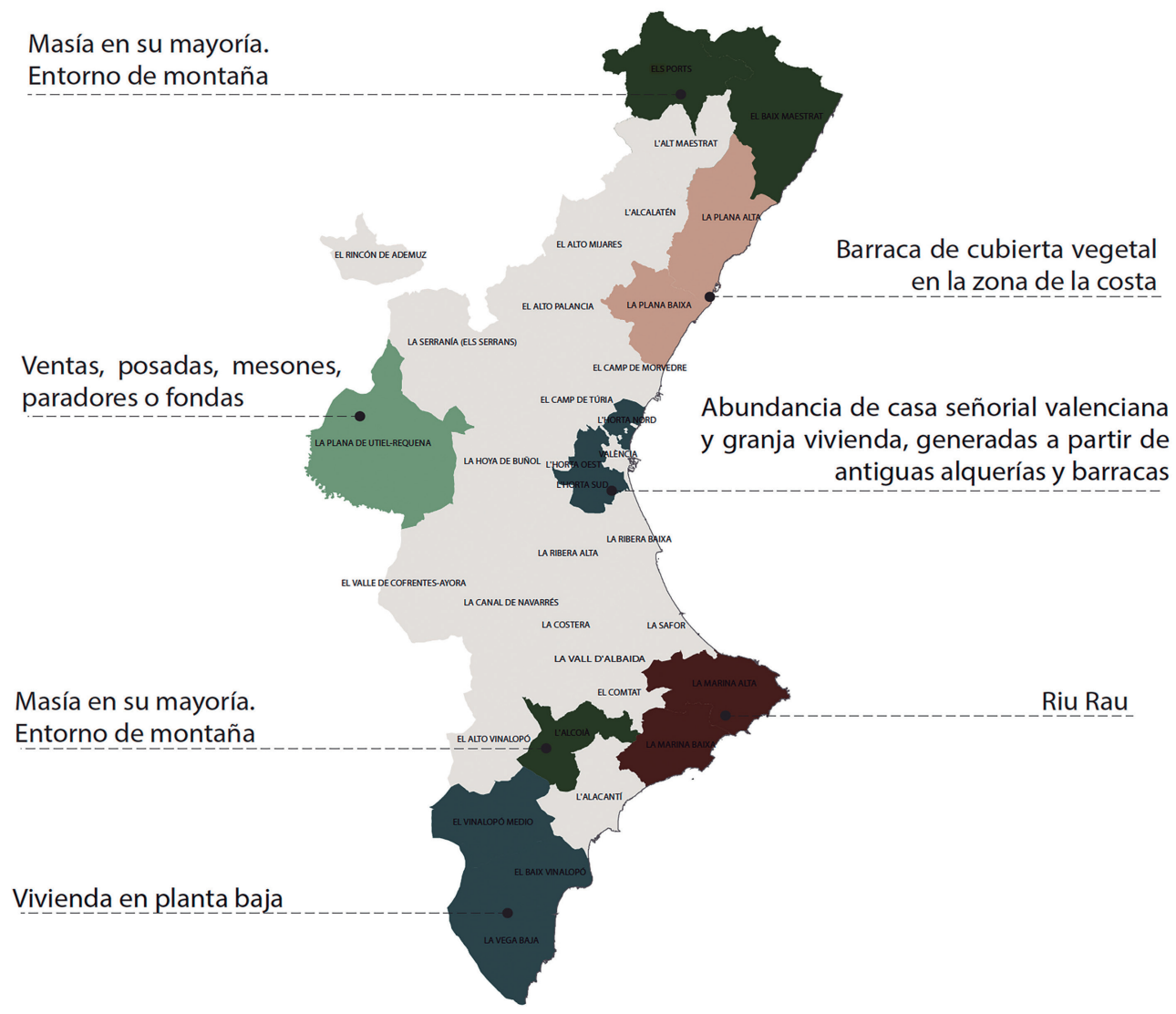
Por todo ello, el objetivo de este trabajo es el diseño de una metodología de intervención eficiente en arquitectura rural, concretamente en un pequeño edificio representativo de la antigua actividad agrícola y ganadera, colindante a un yacimiento arqueológico íbero, hoy en día rodeado de vegetación forestal sin gestionar.

La metodología a diseñar y aplicar en esta acción piloto debe establecer un flujo de trabajo que abarque la toma de datos, la etapa proyectual y el proceso constructivo. Para ello se deben definir pautas y protocolos a seguir que puedan estandarizarse en diferentes fases y tengan, a su vez, la versatilidad de adaptarse a cada objeto de estudio de forma eficiente y funcional.

Materiales y métodos

Tipologías tradicionales de edificaciones rurales y rehabilitación sostenible

Ante la ineludible relación de la arquitectura tradicional al contexto físico donde se desarrolla, resulta fundamental conocer e interpretar el escenario al que se asocia la in-



1

vestigación. Como ejemplo de la región mediterránea, la Comunidad Valenciana resultó idónea para el desarrollo del trabajo al contener gran variedad de estas construcciones abandonadas en ámbitos rurales, constituyendo uno de los mejores patrimonios rurales en Europa (Vázquez 2013).

Para acotar un poco más el ámbito de estudio la investigación se centró en las edificaciones de carácter aislado o disperso, en su origen específicamente de vocación residencial y con actividad agrícola o ganadera (Fig.1).

Algunas de las tipologías más representativas a analizar para potenciales intervenciones son antiguas masías y alquerías. (Fig. 2 y

3), que en el caso de la Comunidad Valenciana se encuentran en comarcas del interior con altas tasas de despoblamiento durante las últimas décadas. Ambas se identifican por sus dimensiones y su estrecha relación a la explotación agrícola y/o ganadera. Generalmente cuentan con robustos muros de ladrillo o mampuestos que contribuyen a contener la inercia térmica en el interior de los edificios. Estas construcciones suelen orientarse respondiendo a la climatología mediterránea. Así, en el caso de las alquerías la fachada principal aparece usualmente orientada a sur con aberturas protegidas de la extrema radiación solar del verano con celosías o persianas tradicionales.

specifically in a small building representative of ancient agricultural and livestock activity, adjacent to an Iberian archaeological site, today surrounded by unmanaged forest vegetation. The methodology to be designed and applied in this pilot action must establish a workflow that covers data collection, the design stage and the construction process. To this end, guidelines and protocols must be defined that can be standardised in different phases and, at the same time, have the versatility to adapt to each object of study in an efficient and functional way.

Materials and methods

Traditional rural building typologies and sustainable rehabilitation

Given the inescapable relationship between traditional architecture and the physical context in which it develops, it is essential to know and interpret the scenario with which



2



3



4



5



6



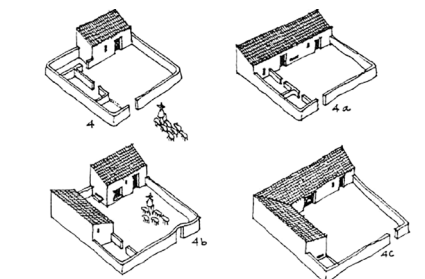
7



8



9



10

the research is associated. As an example of the Mediterranean region, the Valencian Community was ideal for the development of the work as it contains a great variety of these abandoned buildings in rural areas, constituting one of the best rural heritages in Europe (Vázquez 2013). In order to narrow down the scope of the study, the research focused on isolated or dispersed buildings, originally specifically for residential purposes and with agricultural or livestock activity (Fig.1). Some of the most representative typologies to be analysed for potential interventions are old farmhouses and farmhouses (Fig. 2 and 3), which in the case of the Valencian Community are located in inland regions with high rates of depopulation in recent decades. Both are identified by their size and their close relationship with agricultural and/or livestock farming. They generally have sturdy brick walls or masonry that helps to contain the thermal inertia inside the buildings. These constructions are usually oriented in response to the Mediterranean climate. Thus, in the case of the alquerías, the main façade usually faces south, with openings protected from the extreme solar radiation of the summer by traditional

También en este entorno, la casa de montaña (Fig. 4) constituye una variante más rústica y discreta que las masías o alquerías, contando con la presencia recurrente de un corral adosado al volumen principal. Sus cubiertas, compuestas de correas de madera y cañizo entrecruzado, son una muestra del principio de aprovechamiento y optimización de los recursos naturales del entorno que identifica a esta arquitectura vernácula y tradicional (Vegas y Mileto, 2014).

En comarcas más costeras, como es el caso de la Marina, encontramos otra representativa construcción rural que difiere del resto por la presencia de pórticos adosados al cuerpo principal, el riu rau (Fig. 5). La composición geométrica de esta estructura porticada con arcos de medio punto y el tejado a dos aguas tiene como objetivo principal favorecer la ventilación

interior y proteger el cultivo de la pasa de los agentes climatológicos.

Fácilmente identificable por su distintiva composición geométrica con una cubierta a dos aguas de gran pendiente y cuya cumbre adopta la dirección de mayor longitud de su planta rectangular aparece la barraca de cubierta vegetal (Fig. 6). Según Rey Aynat (1994) esta edificación tradicional se ha convertido tras un fuerte proceso de idealización en el símbolo de la huerta de Valencia. La forma de la cubierta evita el calentamiento por radiación solar de la parte baja que es la habitable.

Cabe mencionar otra tipología de edificación tradicional rural destacable por sus óptimas condiciones bioclimáticas. La arquitectura excavada de las viviendas cuevas (Fig. 7) garantiza que las condiciones exteriores no afecten al interior como resultado de la gran inercia térmica que aporta el



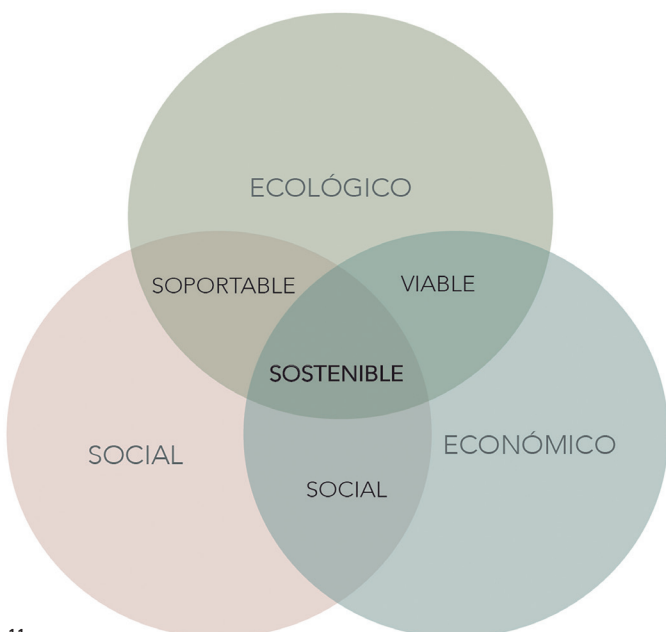
subsuelo. El propio terreno se convierte en la estructura y cerramiento de estas construcciones.

En ámbitos rurales aparecen también de forma recurrente otros edificios con características constructivas más sencillas y que presentan estrecha relación con esta arquitectura doméstica. Algunos de ellos son las casas de ventas, case-tas de aperos o corrales (Fig. 8, 9 y 10), los cuales hoy conforman una parte significativa del repertorio tipológico rural (Rey Aynat, 2019).

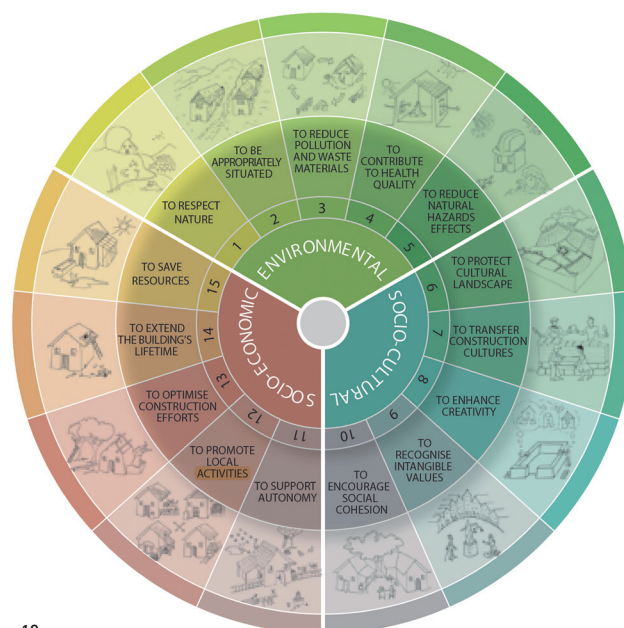
La construcción sostenible debe ser capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones. Tres pilares básicos definen la sostenibilidad: el equilibrio medioambiental, el crecimiento económico y la inclusión social-cultural (Vegas López-Manzanares et al. 2014). Alcanzar el equilibrio entre estos principios, conocido como triple balance ambiental-social-económico (Fig. 11 y 12), se convierte en requisito indispensable en cualquier actuación sostenible.

2. Masía de els Llívís, Morella. Fuente: Josep Montesinos, Viviendas tradicionales: la masía, la barraca y la alquería - Paisajes Turísticos Valencianos Paisajes Turísticos Valencianos, acceso 9 de mayo, 2021, <http://paisajesturisticosvalencianos.com/paisajes>
3. Alquería Falcó, Torrefield.. Fuente: Joaquín Guzmán, “¿Podemos Hablar de Una Arquitectura Rural Valenciana?,” Valencia Plaza, acceso 9 de mayo, 2021, <https://valenciaplaza.com/podemos-hablar-de-una-arquitectura-rural-valenciana>
4. Casa de montaña, Aras de los Olmos, Valencia. Fuente: Fotografía de autora
5. Riu rau en Terrateig. Fuente: “El Riurau de Constantino, un patrimonio rural en peligro,” Valencia Bonita, 24/01/2021 accessed May 10, 2021, <https://www.valenciabonita.es/2021/01/22/riurau-de-terrateig/>
6. Barraca en la Albufera, Valencia. Fuente: “Barraca Valenciana,” Albufera Info, acceso 10 de mayo, 2021, <https://www.albuferainfo.com/barraca-valenciana>
7. Casas-cueva de San Miguel de Salinas. Fuente: Joaquín Guzmán, “El pueblo troglodita de San Miguel de Salinas,” Las Provincias, accessed May 10, 2021, <https://www.lasprovincias.es/planes/pueblo-cavernicola-san-miguel-salinas-alicante-20180302182350-nt.html>
8. Venta l’Home. Siete Aguas, Valencia. Fuente: “Venta l’Home, Una Antigua Casa de Postas Del Siglo XVII, En Ruinas,” Valencia Bonita, 2019, <https://www.valenciabonita.es/2019/12/03/venta-lhome/>
9. Caseta de aperos. Morella, Castellón. Fuente: Pablo García Borja, “Dirección General de Patrimonio Cultural,” 2009, <https://eduwp.edu.gva.es/patrimonio-cultural/ficha-inmueble.php?id=9325&lang=es>
10. Tipos de corrales, según Miguel García Lisón. Fuente: <http://arquitecturauralvalenciana.blogspot.com/2019/03/los-corrales-una-estructura-exenta-o.html>
11. Diagrama de Venn de Sostenibilidad. Fuente: Elaboración propia
12. Rueda de principios medioambientales, socioculturales y socioeconómicos sostenibles. Fuente: Vegas López-Manzanares et al., “Versus. Lecciones Del Patrimonio Vernáculo Para Una Arquitectura Sostenible.”

2. Els Llívís farmhouse, Morella. Source: Josep Montesinos, Viviendas tradicionales: la masía, la barraca y la alquería - Paisajes Turísticos Valencianos Paisajes Turísticos Valencianos, accessed 9 May, 2021, <http://paisajesturisticosvalencianos.com/paisajes>
3. Alquería Falcó, Torrefiel. Source: Joaquín Guzmán, “¿Podemos Hablar de Una Arquitectura Rural Valenciana,” Valencia Plaza, accessed 9 May, 2021, <https://valenciaplaza.com/podemos-hablar-de-una-arquitectura-rural-valenciana>
4. Mountain house, Aras de los Olmos, Valencia. Source: Photograph by author
5. Riu rau in Terrateig. Source: “El Riurau de Constantino, un patrimonio rural en peligro,” Valencia Bonita, 24/01/2021 accessed May 10, 2021, <https://www.valenciabonita.es/2021/01/22/riurau-de-terrateig/>
6. Barraca in the Albufera, Valencia. Source: “Barraca Valenciana,” Albufera Info, accessed May 10th, 2021, <https://www.albuferainfo.com/barraca-valenciana>
7. Cave houses in San Miguel de Salinas. Source: Joaquín Guzmán, “El pueblo troglodita de San Miguel de Salinas,” Las Provincias, accessed May 10, 2021, <https://www.lasprovincias.es/planes/pueblo-cavernicola-san-miguel-salinas-alicante-20180302182350-nt.html>
8. Venta l’Home. Siete Aguas, Valencia. Source: “Venta l’Home, Una Antigua Casa de Postas Del Siglo XVII, En Ruinas,” Valencia Bonita, 2019, <https://www.valenciabonita.es/2019/12/03/venta-lhome/>
9. Tool shed. Morella, Castellón. Source: Pablo García Borja, “Dirección General de Patrimonio Cultural,” 2009, <https://eduwp.edu.gva.es/patrimonio-cultural/ficha-inmueble.php?id=9325&lang=es>
10. Types of corrales, according to Miguel García Lisón. Source: <http://arquitecturauralvalenciana.blogspot.com/2019/03/los-corrales-una-estructura-exenta-o.html>
11. Venn Diagram of Sustainability. Source: Own elaboration
12. Wheel of sustainable environmental, socio-cultural and socio-economic principles. Source: Vegas López-Manzanares et al., “Versus. Lecciones Del Patrimonio Vernáculo Para Una Arquitectura Sostenible”



11



12



13



14

lattices or shutters. Also in this environment, the mountain house (Fig. 4) is a more rustic and discreet variant than the farmhouses or farmhouses, with the recurrent presence of a corral attached to the main volume. Its roofs, made up of wooden purlins and interwoven reed, are an example of the principle of making the most of and optimising the natural resources of the environment that identifies this vernacular and traditional architecture (Vegas and Mileto, 2014).

In more coastal regions, as is the case of La Marina, we find another representative rural construction that differs from the rest due to the presence of porticoes attached to the main body, the riu rau (Fig. 5). The geometric composition of this porticoed structure with semicircular arches and a gabled roof has the main purpose of favouring interior ventilation and protecting the sultana crop from the weather. Easily identifiable by its distinctive geometric composition with a steeply sloping gable roof and whose ridge adopts the longest direction of its rectangular floor plan, the vegetable-roofed hut appears (Fig. 6). According to Rey Aynat (1994), this traditional building has become the symbol of the huerta of Valencia after a strong process of idealisation. The shape of the roof prevents the lower part, which is the habitable part, from being heated by solar radiation. It is worth mentioning another traditional rural building typology that stands out for its optimal bioclimatic conditions. The excavated architecture of cave dwellings (Fig. 7) ensures that the exterior conditions do not affect the interior as a result of the great thermal inertia provided by the subsoil. The ground itself becomes the structure and enclosure of these constructions. Other buildings with simpler construction characteristics that are closely related to this domestic architecture also appear recurrently in rural areas. Some of them are the sales houses, tool sheds or corrals (Fig. 8, 9 and

Abarcando un nivel superior, la arquitectura sostenible debe ser capaz de acondicionar los espacios, garantizando un adecuado suministro de agua, condiciones térmicas y lumínicas agradables, con la mayor eficacia y criterios de aprovechamiento y reutilización posibles (Neila González 2009). Todo ello se resume a la incorporación de la eficiencia energética en la edificación como criterio fundamental de diseño.

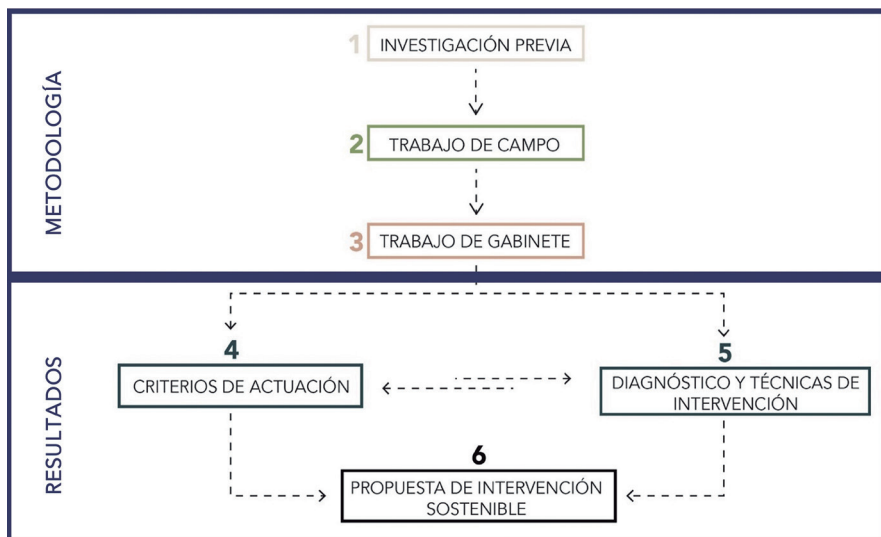
Este complejo equilibrio se observa notoriamente reflejado en la arquitectura vernácula. Estas modestas construcciones, sin grandes tiempos de ejecución o elevados costes económicos, conseguían cubrir necesidades funcionales y garantizaban la durabilidad y el confort de los espacios interiores. A lo largo del tiempo muchas de sus enseñanzas han sido olvidadas. Así, el aprovechamiento de los materiales del entorno más próximo condiciona su reintegración al medio natural una vez terminada su vida útil, como ejemplo de economía circular. La planificación y distribución espacial regidas por su orientación permite, además, el máximo aprovechamiento de la luz solar y favorece la ventilación interior. La selección de los materiales para cada elemento constructivo y su diseño, no concebido de forma aleatoria, alberga una función climática optimizando el confort térmico en el interior de los espacios y disminuyendo la dependencia a los

medios de climatización artificial, constituyendo un muy ejemplo de eficiencia energética.

Estas lecciones de triple balance, mayormente apreciables desde el punto de vista ambiental o económico, también demuestran la repercusión social de esta arquitectura en términos de identidad, herencia de tradiciones constructivas, profesiones y oficios artesanales y empresas locales. En general, numerosos valores de cohesión y arraigo vinculados ineludiblemente al desarrollo sostenible.

El escenario de despoblación rural es un fenómeno que se extiende por algunas regiones rurales del continente europeo, especialmente en las zonas más septentrionales de Escandinavia, zonas de alta montaña del centro y este de Europa y zona interior de la Península Ibérica (ESPON 2018). En el caso del interior de la Comunidad Valenciana, el éxodo rural y el consiguiente abandono de la actividad agrícola, ganadera o forestal se remonta a la mitad del siglo xx, comienzo del desarrollismo urbano e industrial. Desde entonces la arquitectura tradicional rural no ha salido ilesa. Durante muchos años muchas de estas tipologías de edificios aislados fueron consideradas construcciones pobres y desvalidas de riqueza arquitectónica, lo que condujo al deterioro y pérdida de gran parte del patrimonio tipológico rural.

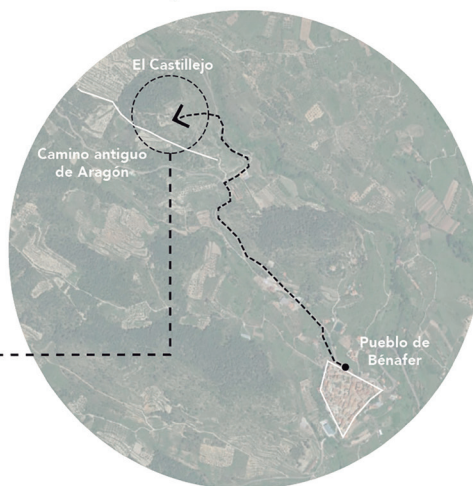
Varios de estos edificios han sido incluidos recientemente en la lista



15



16



17

13. Riurau de Beniablà, Pinella. Fuente: “Comunidad Valenciana Archivos - Lista Roja Del Patrimonio,” acceso May 29, 2021, <https://listarojapatrimonio.org/localizacion-ficha/comunidad-valenciana/>

14. Alquería Casa de Bonanza, Orihuela. Fuente: “Comunidad Valenciana Archivos - Lista Roja Del Patrimonio,” acceso May 29, 2021, <https://listarojapatrimonio.org/localizacion-ficha/comunidad-valenciana/>

15. Esquema del protocolo de intervención. Fuente: Elaboración propia

16. Situación y emplazamiento del objeto de estudio. Fuente: Elaboración propia

17. Vista panorámica del objeto de estudio desde el punto de acceso. Fuente: Elaboración propia

13. Riurau de Beniablà, Pinella. Source: “Comunidad Valenciana Archivos - Lista Roja Del Patrimonio,” accessed May 29, 2021, <https://listarojapatrimonio.org/localizacion-ficha/comunidad-valenciana/>

14. Alquería Casa de Bonanza, Orihuela. Source: “Comunidad Valenciana Archivos - Lista Roja Del Patrimonio,” accessed May 29, 2021, <https://listarojapatrimonio.org/localizacion-ficha/comunidad-valenciana/>

15. Outline of the intervention protocol. Source: Own elaboration

16. Situation and location of the object of study. Source: Own elaboration

17. Panoramic view of the object of study from the access point. Source: Own elaboration

10), which today make up a significant part of the rural typological repertoire (Rey Aynat, 2019). Sustainable construction must be able to meet the needs of the present without compromising the capacity of future generations. Three basic pillars define sustainability: environmental balance, economic growth and social-cultural inclusion (Vegas López-Manzanares et al. 2014). Achieving a balance between these principles, known as the environmental-social-economic triple bottom line (Fig. 11 and 12), becomes an indispensable requirement for any sustainable action.

At a higher level, sustainable architecture must be capable of fitting out spaces, guaranteeing an adequate supply of water, pleasant thermal and lighting conditions, with the greatest possible efficiency and criteria of use and reuse (Neila González 2009). All of this boils down to the incorporation of energy efficiency in buildings as a fundamental design criterion. This complex balance is clearly reflected in vernacular



18

architecture. These modest constructions, without long construction times or high economic costs, managed to cover functional needs and guaranteed the durability and comfort of the interior spaces. Over time, many of their teachings have been forgotten. Thus, the use of materials from the immediate environment conditions their reintegration into the natural environment at the end of their useful life, as an example of circular economy. The spatial planning and distribution governed by its orientation also allows maximum use of sunlight and favours interior ventilation. The selection of materials for each building element and its design, which is not randomly conceived, has a climatic function, optimising thermal comfort inside the spaces and reducing dependence on artificial air-conditioning, constituting a very good example of energy efficiency. These triple bottom line lessons, mostly appreciable from an environmental or economic point of view, also demonstrate the social impact of this architecture in terms of identity, the heritage of building traditions, craft professions and trades and local businesses. In general, numerous values of cohesion and rootedness are inescapably linked to sustainable development. The scenario of rural depopulation is a phenomenon that extends across some rural regions of the European continent, especially in the northernmost areas of Scandinavia, high mountain areas of central and eastern Europe and the interior of the Iberian Peninsula (ESPON 2018). In the case of the interior of the Valencian Community, the rural exodus and the consequent abandonment of agricultural, livestock or forestry activity dates back to the middle of the 20th century, the beginning of urban and industrial development. Since then, traditional

roja del patrimonio (<https://lista-roja.hispanianostra.org/lista-roja/>) y corren serio peligro de desaparecer si no se interviene de forma inmediata (Fig. 13 y 14). Son muy numerosos los edificios abandonados si consideramos todos aquellos que por su tamaño o sus características constructivas simples no se incluyen en clasificaciones de protección. Los corrales, casetas de aperos o barracas, arquitectura en general de piedra en seco, son quizás los más ignoradas entre ellas (Rey Aynat 2019).

Esta arquitectura lleva intrínseca características únicas e irremplazables representativas de cada lugar o época, que le otorgan su valor patrimonial y cultural. Abandonarla a su suerte representa una pérdida del testimonio de la cultura popular. Así, con cada desplome se pierde parte de la historia e identidad del entorno (Vázquez 2013).

En el panorama actual, donde la crisis sanitaria ha repercutido significativamente en un cambio en la forma de vida y hábitos de los ciudadanos, la búsqueda de espacios habitables abiertos sumado a las nuevas opciones de trabajo a distancia, conlleva a que estos enclaves rurales resulten considerablemente atractivos para su rehabilitación. Así, cada vez serán más quienes opten por la tranquilidad

que ofrecen los espacios naturales, ya sea como viviendas habituales o como espacios alternativos de descanso y esparcimiento, lejos del ambiente de las grandes ciudades, tal como se prevé también en el Programa de fomento de la regeneración y renovación urbanas y rural del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA 2023). Es, por tanto, el momento adecuado para poner en marcha soluciones arquitectónicas sostenibles y económicamente viables que favorezcan esta actividad de rehabilitación.

Desarrollo de la metodología de actuación

El protocolo de actuación que se define para la aplicación de la metodología propuesta en la rehabilitación de nuestro objeto de estudio se compone por los pasos que se muestran en la Fig. 15.

a) Investigación previa

El objeto de estudio seleccionado como ejemplo representativo de edificación rural abandonada en el interior de la Comunidad Valenciana se encuentra ubicado en el término municipal de Benafer, provincia de Castellón, comarca del Alto Palancia. Este enclave rural resultó de especial atractivo por su proxi-



- 18. Ejemplos de la secuencia fotográfica
- 19. Interfaz gráfica del software de fotogrametría seleccionado: Agisoft Metashape . Fuente: Elaboración propia
- 20. Diferentes visualizaciones del modelo obtenido

- 18. Examples of the photographic sequence
- 19. Graphical interface of the selected photogrammetry software: Agisoft Metashape . Source: Elaboration own elaboration
- 20. Different visualisations of the model obtained

midad al yacimiento íbero “El Castillejo” (Fig. 16).

Se trata de un edificio que por sus características constructivas y sus dimensiones menores a las de una masía pudiese ser catalogado como una antigua casa de montaña. Se conoce que su construcción en piedra se remonta a finales del siglo XIX y que durante algunos años sirvió de fonda de pastores en el camino de trashumancia del bajo Aragón a Valencia.

Adosado al volumen principal se ubica un corral, característico de este tipo de construcciones. Se puede identificar el acceso original ubicado hacia el Este, así como las

aberturas de mayor tamaño orientadas al Sur y con comunicación directa al corral (Fig. 17).

b) Trabajo de campo y gabinete

Manteniendo como premisa la eficiencia del proceso para la toma de datos y su posterior digitalización se optó por la utilización de tecnologías avanzadas, precisas y rápidas. Las principales variables a las alternativas tradicionales de levantamientos son la fotogrametría y el escáner láser 3D.

Dada las condiciones del objeto de estudio seleccionado se consideró eficiente el levantamiento 3D mediante fotogrametría. Esta técnica

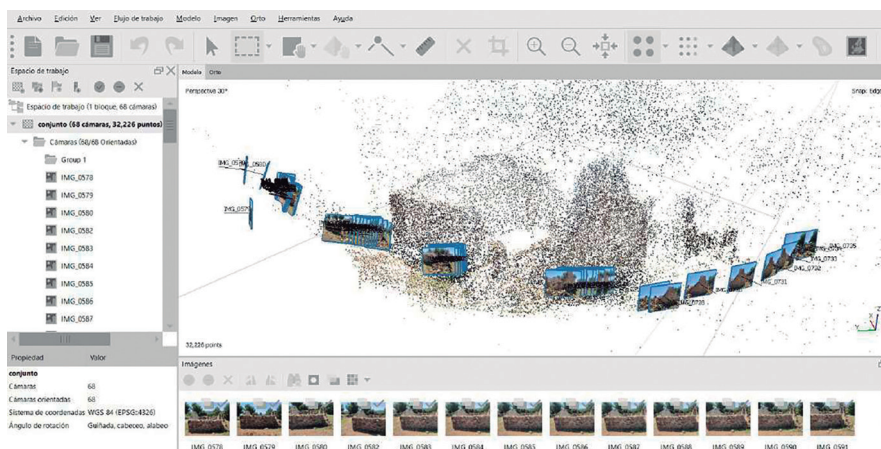
rural architecture has not escaped unscathed. For many years, many of these isolated building typologies were considered poor and lacking in architectural richness, which led to the deterioration and loss of a large part of the rural typological heritage. Several of these buildings have recently been included in the red heritage list (<https://listaroja.hispanianostra.org/lista-roja/>) and are in serious danger of disappearing unless immediate action is taken (Fig. 13 and 14). Abandoned buildings are very numerous if we consider all those which, due to their size or simple constructive characteristics, are not included in protection classifications. Corrals, tool sheds or barracks, dry stone architecture in general, are perhaps the most ignored among them (Rey Aynat 2019).

This architecture has intrinsic, unique and irreplaceable characteristics representative of each place or period, which give it its heritage and cultural value. Abandoning it to its fate represents a loss of the testimony of popular culture. Thus, with each collapse, part of the history and identity of the environment is lost (Vázquez 2013).

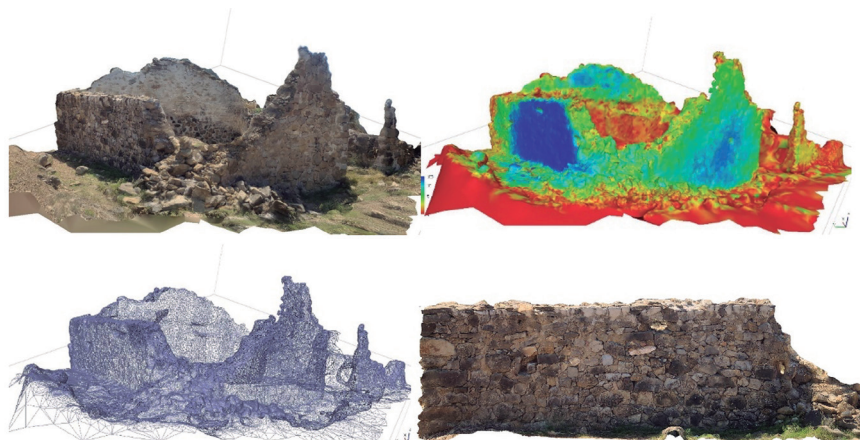
In the current scenario, where the health crisis has had a significant impact on a change in the way of life and habits of citizens, the search for open living spaces, together with the new options for remote working, means that these rural enclaves are becoming considerably attractive for rehabilitation. Thus, more and more people will opt for the tranquillity offered by natural spaces, either as regular homes or as alternative spaces for rest and recreation, far from the atmosphere of the big cities, as is also foreseen in the Programme for the Promotion of Urban and Rural Regeneration and Renewal of the Ministry of Transport, Mobility and the Urban Agenda (MITMA 2023). It is therefore the right time to implement sustainable and economically viable architectural solutions that favour this regeneration activity.

Development of the methodology for action

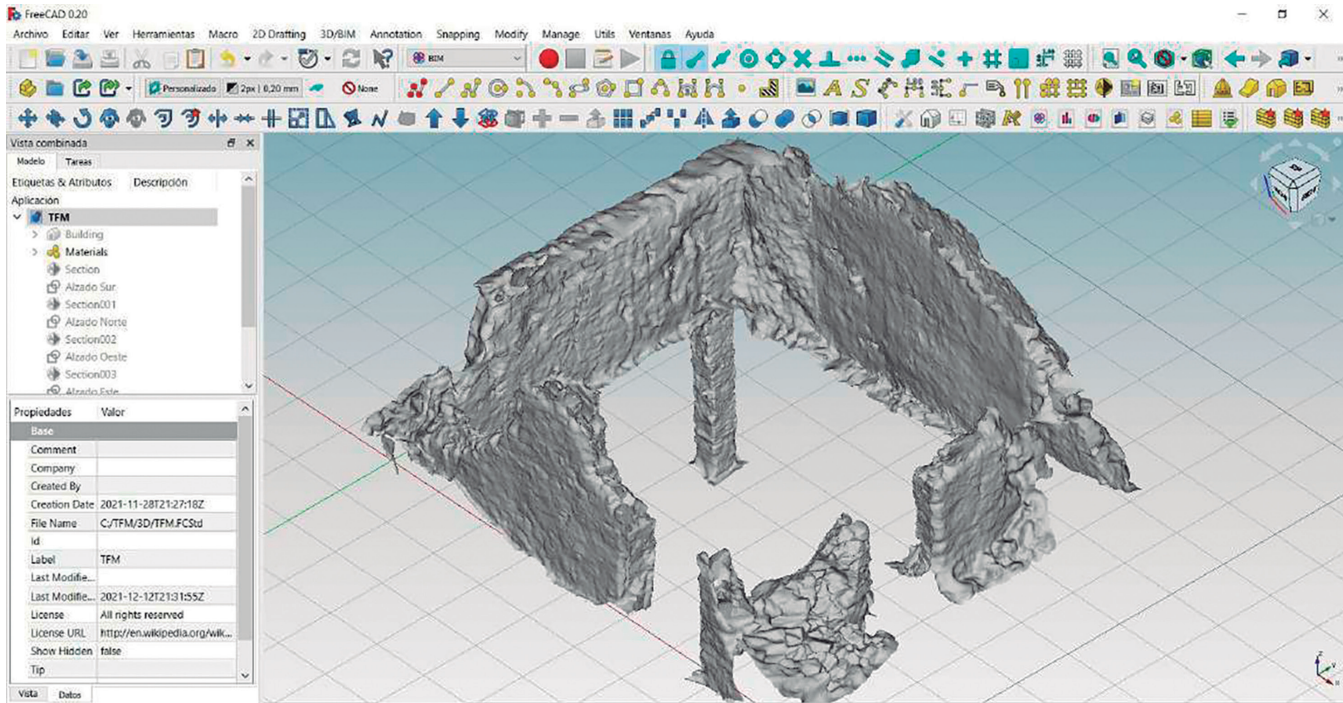
The action protocol defined for the application of the proposed methodology in the rehabilitation of our object of study consists of the steps shown in Fig. 15.



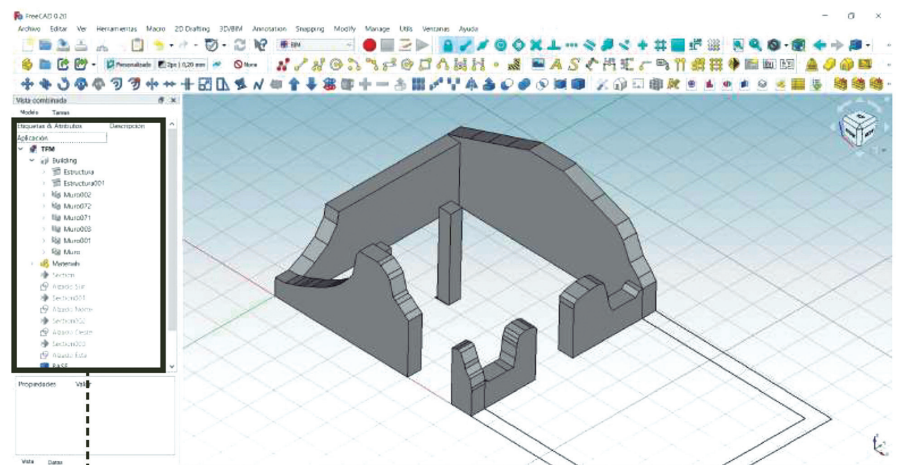
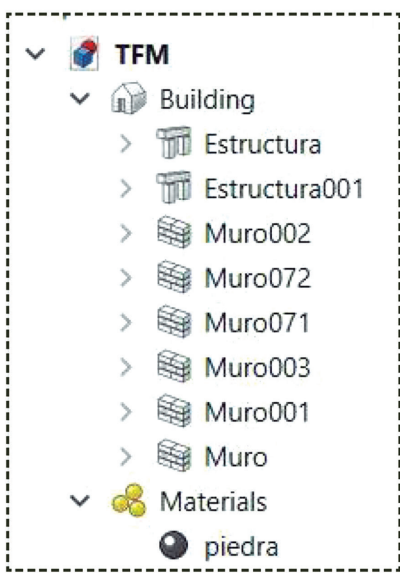
19



20



21



22

a) Previous research

The object of study selected as a representative example of an abandoned rural building in the interior of the Valencian Community is located in the municipality of Benafer, in the province of Castellón, Alto Palancia region. This rural enclave was particularly attractive due to its proximity to the Iberian site “El Castillejo” (Fig. 16). This is a building which, due to its construction characteristics and its smaller dimensions, could be classified as an old mountain house. It is known that its stone

consigue la elaboración de mediciones, planos o incluso mapas a través de la realización y superposición de fotografías aéreas y/o terrestres desde diferentes puntos y ángulos de las cuales se obtiene el modelo 3D de cualquier terreno, objeto o elemento (BIMnD 2019). A esto hay que añadir el uso de herramienta de *Building Information Modelling* (BIM) que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión del proyecto de construcción, teniendo

como principal ventaja la centralización de toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos los agentes involucrados en el proyecto (Villa 2018). En este proyecto se ha utilizado el software BIM de código abierto FreeCAD. La aplicación de estas herramientas digitales nos permiten trabajar paralelamente en las distintas etapas del proceso diseño-construcción agilizando notablemente el desarrollo



21 y 22. Interfaz gráfica de FreeCAD una vez importado el modelo 3D y entorno de trabajo BIM una vez simplificado el modelo. Fuente: Elaboración propia
 23. Análisis constructivo. Fuente: Elaboración propia

21 and 22. FreeCAD graphical interface once the 3D model has been imported and BIM working environment once the model has been simplified. Source: Own elaboration
 23. Construction analysis. Source: Own elaboration

del proyecto. Su eficiencia representa un ahorro de tiempo que se traduce en rentabilización económica. La disminución del margen de error propia de la efectividad de sus cálculos conlleva a un mejor aprovechamiento de los recursos, factor indispensable en la ambición de lograr una construcción sostenible y económica.

La agilidad y exactitud que ofrecen los escaneados 3D y su posterior modelización y adaptación a la tecnología BIM se presentan como elementos claves en el desarrollo de la metodología propuesta. El flujo

de trabajo que hemos seguido para su aplicación e integración consiste en las siguientes fases de trabajo:

1. Inspección visual y primer acercamiento al sitio.
2. Levantamiento tradicional de apoyo.
3. Toma fotográfica de cada elemento de la ruina en sucesión lógica (Fig. 18).
4. Selección del software de fotogrametría a utilizar en dependencia del nivel de detalle que se necesita obtener.

construction dates back to the end of the 19th century and that for some years it served as a shepherds' inn on the transhumance route from lower Aragon to Valencia.

Attached to the main volume is a corral, characteristic of this type of construction. It is possible to identify the original access located to the east, as well as the larger openings oriented to the south and with direct communication to the corral (Fig. 17).

b) Field and desk work

The use of advanced, precise and fast technologies was chosen, maintaining as a premise the efficiency of the process for data collection and subsequent digitisation. The main variables to the traditional survey alternatives are photogrammetry and the 3D laser scanner. Given the conditions of the selected object of study, 3D surveying by means of photogrammetry was considered efficient. This technique achieves the elaboration of measurements, plans or even maps by means of the execution and superimposition of aerial and/or terrestrial photographs from different points and angles from which the 3D model of any terrain, object or element is obtained (BIMnD 2019). To this we must add the use of the Building Information Modelling (BIM) tool, which is a collaborative work methodology for the creation and management of the construction project, the main advantage of which is the centralisation of all the project information in a digital information model created by all the agents involved in the project (Villa 2018). The open source BIM software FreeCAD has been used in this project. The application of these digital tools allows us to work in parallel in the different stages of the designconstruction process, significantly speeding up the development of the project. Their efficiency represents a time saving that translates into economic profitability. The reduction of the margin of error due to the effectiveness of their calculations leads to a better use of resources, an essential factor in the ambition to achieve a sustainable and economical construction. The agility and accuracy offered by 3D scans and their subsequent modelling and adaptation to BIM technology are key elements in the development of the proposed methodology. The workflow we have followed

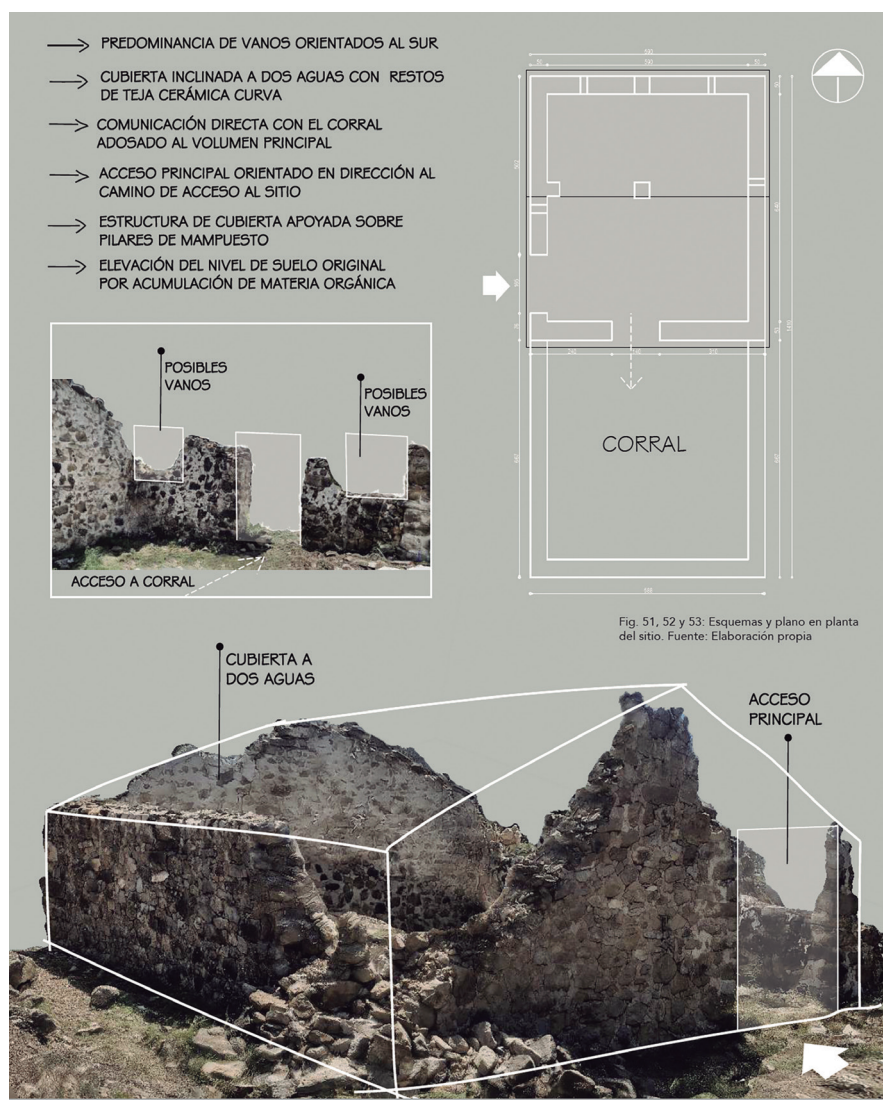


Fig. 51, 52 y 53. Esquemas y plano en planta del sitio. Fuente: Elaboración propia

for its application and integration consists of the following work phases:

1. Visual inspection and first approach to the site.
2. Traditional support lifting.
3. Photographic shot of each element of the ruin in logical succession (Fig. 18).
4. Selection of the photogrammetry software to be used depending on the level of detail to be obtained.
5. Image processing, generation of the 3D model and orthophotos in the selected software (Fig. 19 and 20).
 - A. Textured 3D model
 - B. Confidence level of the model
 - C. Wire mesh model
 - D. Orthomosaic
6. Import of the model, adaptation and application of parameters in the BIM software (Fig. 21 and 22).

Results and discussion

Action

a) Intervention criteria and techniques

The survey techniques applied allow for a detailed constructive analysis of the building, as well as the detection of pathologies in the pre-existing elements. Fig. 23 shows the survey and the construction analysis. The proposed action techniques maintain as a criterion the conservation and enhancement of the existing building. And as a proposal for the optimisation of resources and means, the ruin is stabilised and the system is prepared to make it compatible with a new construction system with a very low environmental impact.

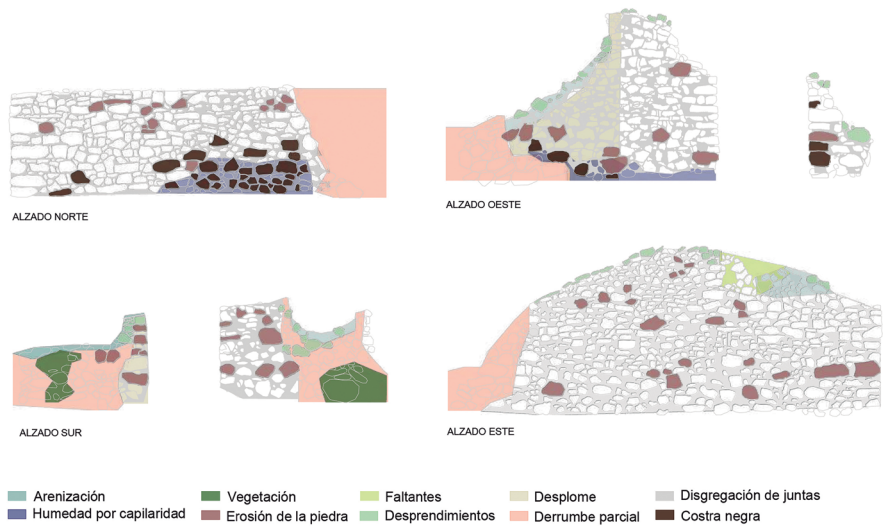
b) Identification of elements to stabilise, maintain or eliminate

Fig. 24 shows the results of the pathology survey and Fig. 25 the proposed restoration techniques.

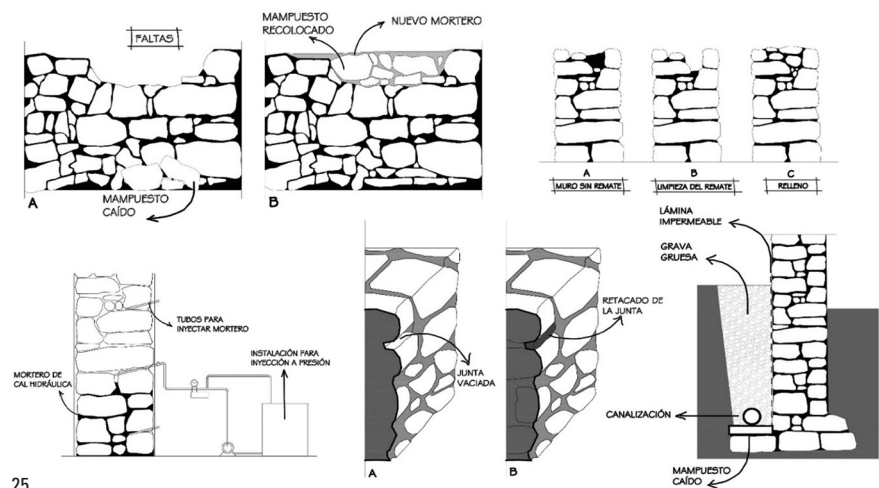
c) Intervention proposal

The functional proposal consists of reactivating the uses and activities of this type of rural building, in this case in Benafer, also including the promotion and dissemination of the archaeological heritage of the adjacent Iberian settlement.

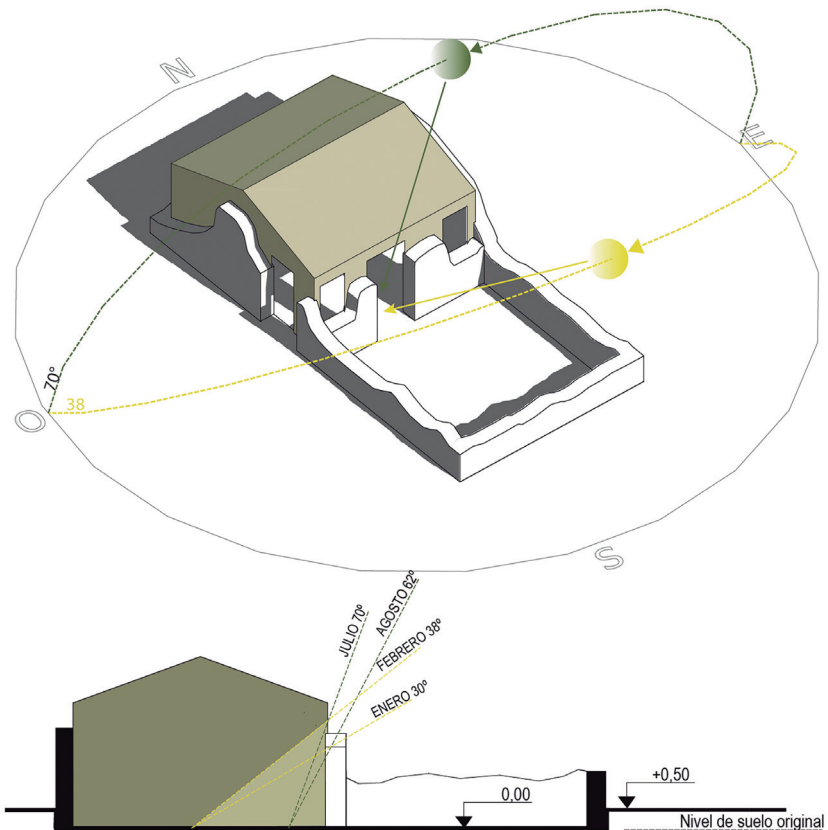
As a method of intervention and design, we propose the recovery of the original volumetric



24



25



26



24. Levantamiento de patologías. Fuente: Elaboración propia

25. Técnicas de restauración propuesta. Fuente: Elaboración propia

26. Propuesta conceptual

5. Procesamiento de imágenes, generación del modelo 3D y ortofotos en el software seleccionado (Fig. 19 y 20).

A. Modelo 3D texturizado

B. Nivel de confianza del modelo

C. Modelo de malla de alambre

D. Ortomosaico

6. Importación del modelo, adaptación y aplicación de parámetros en el software BIM (Fig. 21 y 22).

Resultados y discusión

Actuación

a) Criterios y técnicas de intervención

Las técnicas de levantamiento aplicadas permiten realizar un detallado análisis constructivo del edificio, así como la detección de patologías en los elementos preexistentes. La Fig. 23 muestra el levantamiento y el análisis constructivo. Las técnicas de actuación propuestas mantienen como criterio la conservación y puesta en valor de lo existente. Y como propuesta de optimización de recursos y medios, se estabiliza la ruina y prepara el sistema para compatibilizarlo con un nuevo sistema constructivo de muy bajo impacto medioambiental.

b) Identificación de los elementos a estabilizar, mantener o eliminar

La Fig. 24 muestra los resultados del levantamiento de patologías y la Fig. 25 las técnicas de restauración propuestas.

c) Propuesta de intervención

La propuesta funcional consiste en reactivar los usos y actividades de este tipo de edificaciones rurales, en este caso de Benafer también incluyendo la promoción y divulga-

24. Pathology survey. Source: Own elaboration

25. Proposed restoration techniques. Source: Own elaboration

26. Conceptual proposal

ción del patrimonio arqueológico del poblado íbero adyacente.

Como método de intervención y diseño se plantea la recuperación de la composición volumétrica original y mantenimiento de las preexistencias, apostando por el aprovechamiento las orientaciones originales que gracias a su correcta disposición favorece la captación de la radiación solar e iluminación natural (Fig. 26). Estas estrategias junto con la utilización de los aislamientos y sistemas constructivos desarrollados en el proyecto de investigación europeo “IMIP Interreg-Sudoe”, suponen la principal estrategia energética.

Los sistemas constructivos prefabricados desarrollados en el proyecto IMIP, forman los muros, forjados y cubiertas a medida, sin grado de error, debido a la precisión del modelo de levantamiento. A partir de esta metodología de levantamiento combinada con la aplicación BIM, se traspara la información a las máquinas de fabricación de control numérico y se realiza un ajuste de encaje con la preexistencia.

Estos sistemas constructivos, funcionan además como sumidero de carbono, gracias a la composición de los elementos constructivos desarrollados en el proyecto, que están fabricados a partir de paneles compuestos en base a nuevos tipos de CLT (*Cross Laminated Timber*) de madera autóctona mediterránea y aislamiento natural de corcho (UPV-ITACA 2022). La aplicación de estos elementos y la consiguiente innovación constructiva, prefabricación y eliminación de pérdidas o residuos, suponen un avance en reducción de impactos medioambientales y en economía de medios.

A partir del modelo 3D obtenido y su transferencia a la metodología

composition and the maintenance of the pre-existences, making the most of the original orientations which, thanks to their correct layout, favour the capture of solar radiation and natural lighting (Fig. 26). These strategies, together with the use of insulation and construction systems developed in the European research project “IMIP Interreg-Sudoe”, represent the main energy strategy.

The prefabricated construction systems developed in the IMIP project, form the walls, slabs and roofs to measure, with no degree of error, due to the precision of the survey model. From this survey methodology combined with the BIM application, the information is transferred to the numerical control manufacturing machines and an adjustment is made to fit with the pre-existence. These construction systems also function as a carbon sink, thanks to the composition of the construction elements developed in the project, which are made from composite panels based on new types of CLT (*Cross Laminated Timber*) of indigenous Mediterranean wood and natural cork insulation (UPV-ITACA 2022). The application of these elements and the consequent constructive innovation, prefabrication and elimination of losses or waste, represent an advance in the reduction of environmental impact and economy of resources.

Based on the 3D model obtained and its transfer to the BIM methodology, customised panels are generated that adapt precisely to the ruin. The lightness and simplicity of the CLT panels allows them to be assembled and disassembled without damaging the pre-existence or its surroundings in record time, which also means less environmental impact. On the other hand, a study by García-Valcárcel (2019), analysed the impact of using BIM methodology on the energy efficiency of a residential building in Spain. The authors found that the use of BIM in the accurate systematisation of the design led to a 20% reduction in the building's CO2 emissions. The combination of photogrammetric surveying methodology and BIM, combined with energy savings, demonstrates the benefits of sustainable building design and construction.

Constructive components

The main components that make up the building systems are:

a) IMIP D-type panels

They are used for the formation of load-bearing walls, compatible with the pre-existence and insulating. These panels are composed of 100 mm thick CLT, made from maritime pine wood (*Pinus pinaster* Ait.), a fast-growing indigenous pine species from sustainably managed forests. In general, this type of wood, due to its characteristics of irregularity and disparity of structural characterisation, is used for the manufacture of transport pallets. However,

27. Panel tipo D. Especificaciones técnicas, proyecto IMIP
 28. Panel tipo C. Especificaciones técnicas, proyecto IMIP

27. Panel type D. Technical specifications, IMIP project
 28. Panel type C. Technical specifications, IMIP project

BIM, se generan paneles a medida que se adapten con precisión a la ruina. La ligereza y sencillez de los paneles CLT permite su montaje y desmontaje sin causar daños a la pre-existencia ni a su entorno en un tiempo récord, lo que además supone un menor impacto medioambiental.

Por otra parte, un estudio realizado por García-Valcárcel (2019),

analizó el impacto de la utilización de la metodología BIM en la eficiencia energética de un edificio residencial en España. Los autores encontraron que la utilización de BIM en la sistematización precisa del diseño, permitió una reducción del 20% en las emisiones de CO2 del edificio. La combinación de la metodología de levantamiento fotogra-

IMIP panel types Innovative Eco-Construction System Based on Interlocking Modular Insulation Wood & Cork-Based Panels Innovative

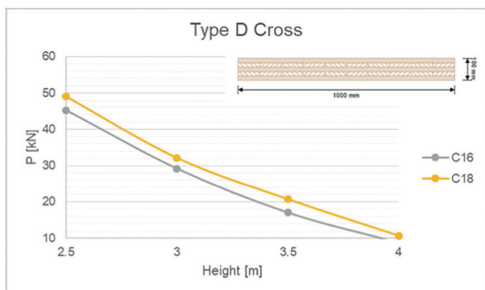
Cross (perpendicular)

Type D		
Height [m]	P [kN]	
Material	C16	C18
2.5	45.3	49.0
3.0	29.2	32.1
3.5	17.1	20.8
4.0	8.8	10.7

-Material: C16/C18
 -Panel orientation in the perpendicular direction of the load
 -Loads considered: Wind 1kN/m² and eccentricity of 2cm
 -In graphs live load per meter of width [kN/m]
 -Vibrations not considered

Type D (Wall):

- CLT 100 mm
- 100 mm Black cork board



Inside: Reduced air circulation 20 °C 50 % Humidity Rsi...

From inside to outside: reverse Thickness Width Distance

1	Cross Laminated Timber	100 mm		
2	Cork	120 mm		
3	Breather membrane sd=0,05m	0,5 mm		
4	Rear ventilated level (outside air)	30 mm		
5	Pine	20 mm		
6	Spruce	20 mm	100 mm	600 mm
6				

Outside: Direct contact to outside air -5 °C 80 % Humidity Rse...

U-value: 0,234 W/(m²K)

Condensate: 0 kg/m²

sd-value: 5,2 m

Thickness: 27,05 cm

Weight: 80 kg/m²

temp. amplitude damping (1/TAV): 36,8

GEG 2020 Bestand U ≤ 0.24

moisture content of wood: +0,0 %

Interior surface: 18,5°C (55%)

phase shift: 13 h

Contribution to the greenhouse effect: excellent

Drying time: -

Drying reserve: 3358 g/m²a

Heat storage capacity: 83 kJ/m²K

IMIP panel types

Innovative Eco-Construction System Based on Interlocking Modular Insulation Wood & Cork-Based Panels Innovative



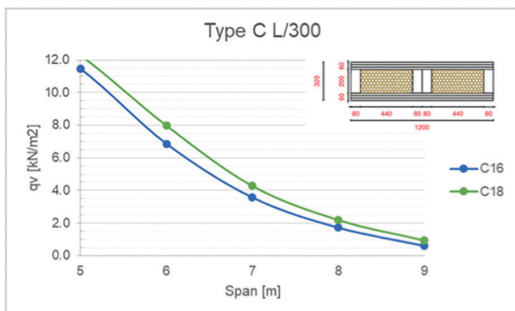
L/300

Type C		
Span [m]	qv [kN/m ²]	
Material	C16	C18
5	11.5	12.3
6	6.9	8.0
7	3.6	4.3
8	1.7	2.2
9	0.6	0.9

-Material: C16/C18
 -Deformation L/300
 -Loads considered: PP+1kN/m²
 -In graphs live load per meter of width [kN/m]
 -Vibrations not considered

Type C (Slab):

- CLT 60 mm
- 200mm ribs & granulated cork
- CLT 60 mm



Inside: Reduced air circulation 20 °C 50 % Humidity Rsi...

From inside to outside: reverse Thickness Width Distance λ μ

1	Cross Laminated Timber	60 mm			0,13	40/200
2	Cork	200 mm			0,037	5/10
	Spruce	200 mm	80 mm	440 mm	0,13	20/50
3	Cross Laminated Timber	60 mm			0,13	40/200

Outside: Direct contact to outside air 7 °C 80 % Humidity Rse...

ubakus.de

U-value: 0,194 W/(m²K) Condensate: 0,0068 kg/m² sd-value: 16 m Thickness: 32 cm temp. amplitude damping (1/TAV): >100

GEG 2020 Bestand U ≤ 0,24 moisture content of wood: +0,0 % Interior surface: 19,2°C (53%) phase shift: 19 h

Contribution to the greenhouse effect: Drying time: 3 Days Drying reserve: 247 g/m²a Heat storage capacity: 83 kJ/m²K

28

métrico junto con el BIM, suponen un ahorro energético y demuestra los beneficios en la construcción y diseño de edificios sostenibles.

Componentes constructivos

Los principales componentes que configuran los sistemas constructivos son:

a) Paneles IMIP tipo D

Son los utilizados para la formación de muros portantes, compatibles con la preexistencia y aislantes. Estos paneles están compuestos por un CLT de 100 mm de espesor, elaborados con madera de pino marítimo (*Pinus pinaster* Ait.), una especie de pino

thanks to new technical implementations in their transformation process, they acquire mechanical characteristics that have been contrasted and accredited in the tests carried out within the framework of the IMIP project (Fig. 27).

b) Panel Type C

It is a panel for the formation of structural slabs capable of spanning spans of up to 8

IMIP panel types

Innovative Eco-Construction System Based on Interlocking Modular Insulation Wood & Cork-Based Panels Innovative



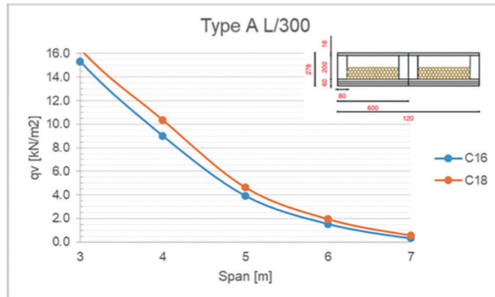
L/300

Type A		
Span [m]	qv [kN/m ²]	
Material	C16	C18
2	24.2	25.8
3	15.3	16.4
4	9.0	10.4
5	3.9	4.6
6	1.5	2.0
7	0.3	0.6

-Material: C16/C18
 -Deformation L/300
 -Loads considered: PP+1kN/m²
 -In graphs live load per meter of width [kN/m]
 -Vibrations not considered

Type A (Slab):

- CLT 60 mm
- 200mm ribs & granulated cork



Inside: Reduced air circulation 20 °C 50 % Humidity Rsi...

From inside to outside: reverse Thickness Width Distance

1	Cross Laminated Timber	60 mm		
2	Cork	200 mm		
3	Spruce	200 mm	80 mm	440 mm
4	OSB	10 mm		
5	Breather membrane sd=0,05m	0,5 mm		
6	Rear ventilated level (outside air)	30 mm		
7	Pine	20 mm		

Outside: Direct contact to outside air 6 °C 80 % Humidity Rse...

U-value: 0,207 W/(m²K) Condensate: 0 kg/m² sd-value: 6,7 m Thickness: 32,05 cm temp. amplitude damping (1/TAV): 87,0

GEG 2020 Bestand U ≤ 0.24 moisture content of wood: +0,0 % Interior surface: 19,0°C (53%) Weight: 88 kg/m² phase shift: 17 h

Contribution to the greenhouse effect: Drying time: - Drying reserve: 475 g/m²a Heat storage capacity: 77 kJ/m²K

29

metres for residential uses and 7 metres for public uses with standard configurations and thicknesses. These panels are composed of two layers of 60 mm thick CLT made of maritime pine wood, sawn wood ribs also of maritime pine with dimensions of 80mm x 200mm every 620mm of inter-axis, forming structural boxes, which are filled with crushed natural cork. The thermal and sound performance is excellent thanks to the characteristics of natural cork, which is also a material that stores CO₂, making it an alternative to reinforced concrete slabs, which is crucial in the fight against climate change in sustainable construction. Fig. 28 shows the technical specifications for this type of board.

autóctono de rápido crecimiento en bosques gestionados de manera sostenible. En general, en este tipo de madera, por sus características de irregularidad y disparidad de caracterización estructural, son empleadas para la fabricación de pallets de transporte. Sin embargo, gracias a las nuevas implementaciones técnicas en su proceso de transformación, adquieren características mecánicas contrastadas y acreditadas en los ensayos realizados en el marco del proyecto IMIP (Fig. 27).

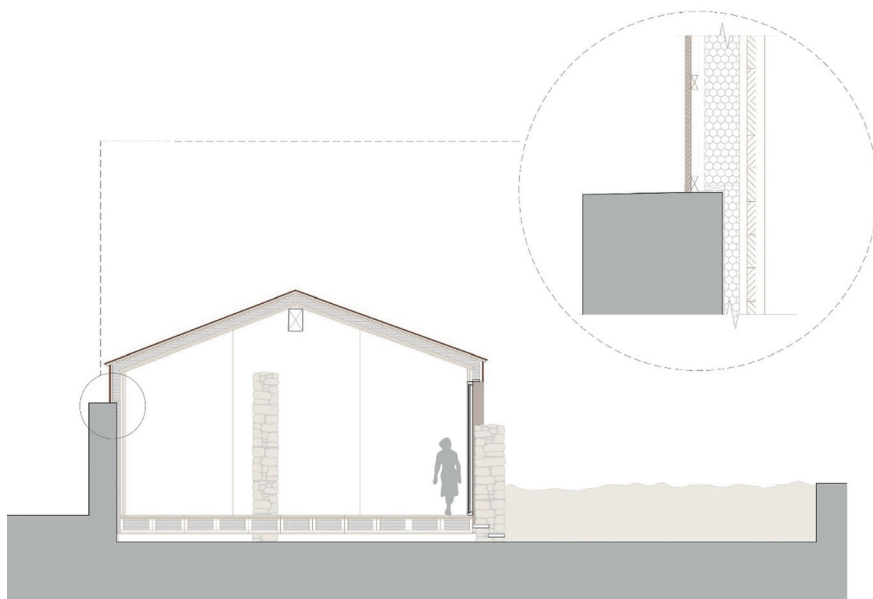
b) Panel Tipo C

Es un panel para la formación de forjados estructurales capaces de salvar luces de hasta 8 metros para usos residenciales y 7 metros para usos de pública concurrencia con configuraciones y espesores standard. Estos paneles están compuestos por dos capas de CLT de 60 mm de espesor elaborados con madera de pino marítimo, costillas de madera aserrada también de pino marítimo de dimensiones de 80mm x 200mm cada 620mm de inter-eje, formando cajones estructurales,



- 29. Panel tipo A. Especificaciones técnicas, proyecto IMIP
- 30. Propuesta arquitectónica de inserción de paneles IMIP en combinación con la preexistencia. Sección longitudinal y detalle
- 31. Composición por fases de la intervención

- 29. Panel type A. Technical specifications, IMIP project
- 30. Architectural proposal for the insertion of IMIP panels in combination with the pre-existence. Longitudinal section and detail
- 31. Composition by phases of the intervention

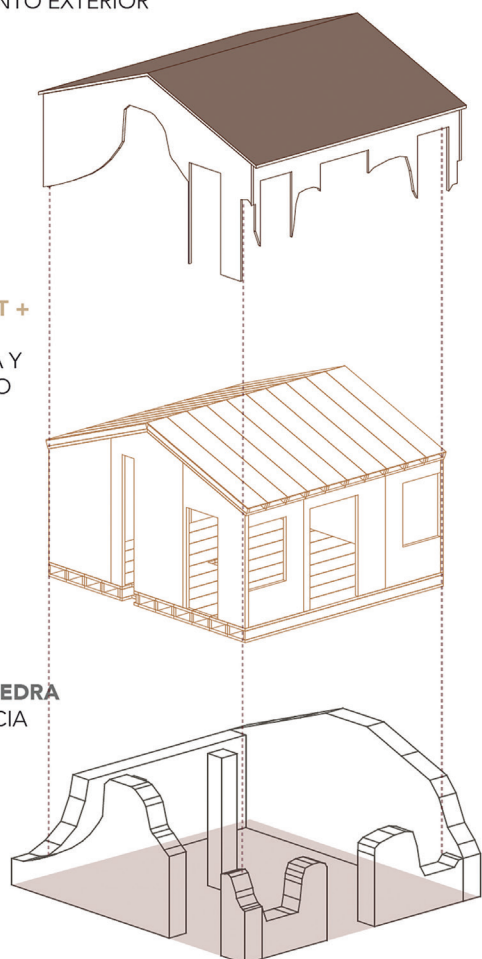


30

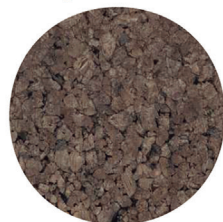
MADERA QUEMADA
RECUBRIMIENTO EXTERIOR

PANELES CLT + CORCHO
ESTRUCTURA Y AISLAMIENTO

MURO DE PIEDRA
PREEXISTENCIA



Capa 4 exterior



Capa 3 intermedia



Capa 2 interior



Capa 1 exterior

c) Panel Type A

Finally, this panel has been designed and manufactured for the formation of structural roof slabs capable of spanning up to 6 metres for all types of uses with standard configurations and thicknesses. These panels are composed of a 60 mm thick CLT layer made of maritime pine wood, maritime pine sawn wood ribs with dimensions of 80mm x 200mm every 620mm of inter-axis, forming structural boxes, which are filled with crushed natural cork. The thermal and sound performance is excellent in the same way as the other IMIP panels. Fig. 29 shows the technical specifications after laboratory tests of this type of panel. In this case, the roof is finished with a breathable waterproof sheet and an exterior finish in accordance with the rest of the building.

Constructive solution

The ecological nature of these materials allows the system to be compatible with traditional techniques and materials, responding to the criterion of material distinguishability and preventing the creation of false historical buildings. The resulting volume achieves a harmonious composition with the agroforestry environment in the form of organic growth, in very good landscape integration.

The ruin is given prominence on a perceptual and functional level by meticulously restoring the ruin and by highlighting the existing stone materiality. On a functional level, the thick stone walls work in collaboration with the proposed insulation, helping to conserve the thermal inertia inside the building.

Figure 30 shows the compatibility between the pre-existing stone wall systems and the perfect integration with the IMIP enclosure system. In this fit, the CLT walls that make up the D IMIP detail typology, fit in with the pre-existence without touching it, and so starting from the sanitary slab made up by the C IMIP detail, they form a continuous enclosure including the natural cork insulation, up to the formation of the roof. The building is enclosed and covered with water on the roof, with the A IMIP typology system. To complete the façade enclosures, the outer skin made up of the waterproofing, the ventilated chamber and the outer layer made up of wooden slats with weather protection is made to measure, configuring the contour of the pre-existence. Figure 31 shows the sequence of

31



layers and assembly, and Figure 32 shows the assembled finishes.

The results of this study, as well as several similar experiences reflected in the literature, show that prefabrication of retrofit systems offers an average savings of 30% in construction time compared to traditional construction methods (Johnson et al., 2019; Smith et al., 2021). This reduction in time is due to the earlier fabrication of components and efficiency in their installation at the retrofit site. In terms of economic costs, prefabrication generated an average saving of 25% (Brown et al., 2020; Chen et al., 2022). These savings are attributed to optimised production processes, reduced errors and rework, and efficient materials management.

Conclusions

The proposed intervention methodology contemplates the triple bottom line of sustainability in each of the project phases. The use of sunlight, the use of local materials and other lessons learned from traditional architectural references contribute to the bioclimatic rehabilitation of the ruin. However, the proposed intervention incorporates novel improvements with respect to vernacular construction systems, resulting in a highly energy-efficient project.

Thanks to the digital representation and survey tools, a perfect symbiosis is achieved between the proposed construction system and the pre-existence. This system of survey, preview and customised modelling facilitates the prefabrication of the wooden panels, considerably reducing the possibility of errors. The integration of BIM allows the digitalisation of all project information, including the data necessary for the thermal calculation. By exporting this information to the corresponding software, more reliable energy efficiency results can be obtained.

The incorporated materials derived from wood and cork contribute to the sustainable management of Mediterranean forest ecosystems. In addition, their indigenous nature has an impact on the low environmental impact of the intervention, reducing its carbon footprint during the process of exploitation and logistics. The compatibility between the construction systems offers a new functionality to the pre-existing elements and reinforces their potential.

32. Propuesta arquitectónica. Alzados

34. Propuesta metodológica de intervención en entornos rurales

33 y 35. Exterior e Interior de la acción piloto de Valencia, UPV

que están rellenos de corcho natural triturado. El comportamiento a nivel térmico y sonoro es excelente gracias a las características del corcho natural, que además es un material que almacena CO₂, lo que le confiere una alternativa a los forjados de hormigón armado, crucial en la lucha contra el cambio climático en construcción sostenible. La Fig. 28 recoge las especificaciones técnicas para este tipo de tableros.

c) Panel Tipo A

Por último, este panel se ha diseñado y fabricado para la formación de forjados estructurales de cubierta capaces de salvar luces de hasta 6 metros para todo tipo de usos con configuraciones y espesores standard. Estos paneles están compuestos por una capa de CLT de 60 mm de espesor elaborados con madera de pino marítimo, costillas de madera aserrada de pino marítimo de dimensiones de 80mm x 200mm cada 620mm de Inter-eje, formando cajones estructurales, que están rellenos de corcho natural triturado. EL comportamiento a nivel térmico y sonoro es excelente de la misma manera que el resto de paneles IMIP. La Fig. 29 recoge las especificaciones técnicas tras los ensayos en laboratorio de este tipo de panel. En este caso de cubierta, se le termina por colocar una lámina impermeable transpirable y un acabado exterior acorde al resto de la edificación.

Solución constructiva

La naturaleza ecológica de estos materiales permite que el sistema sea compatible con las técnicas y materiales tradicionales, respondiendo al criterio de distinguibilidad material e impidiendo la realización de falsos históricos. El

32. Architectural proposal. Elevations

34. Methodological proposal for intervention in rural environments

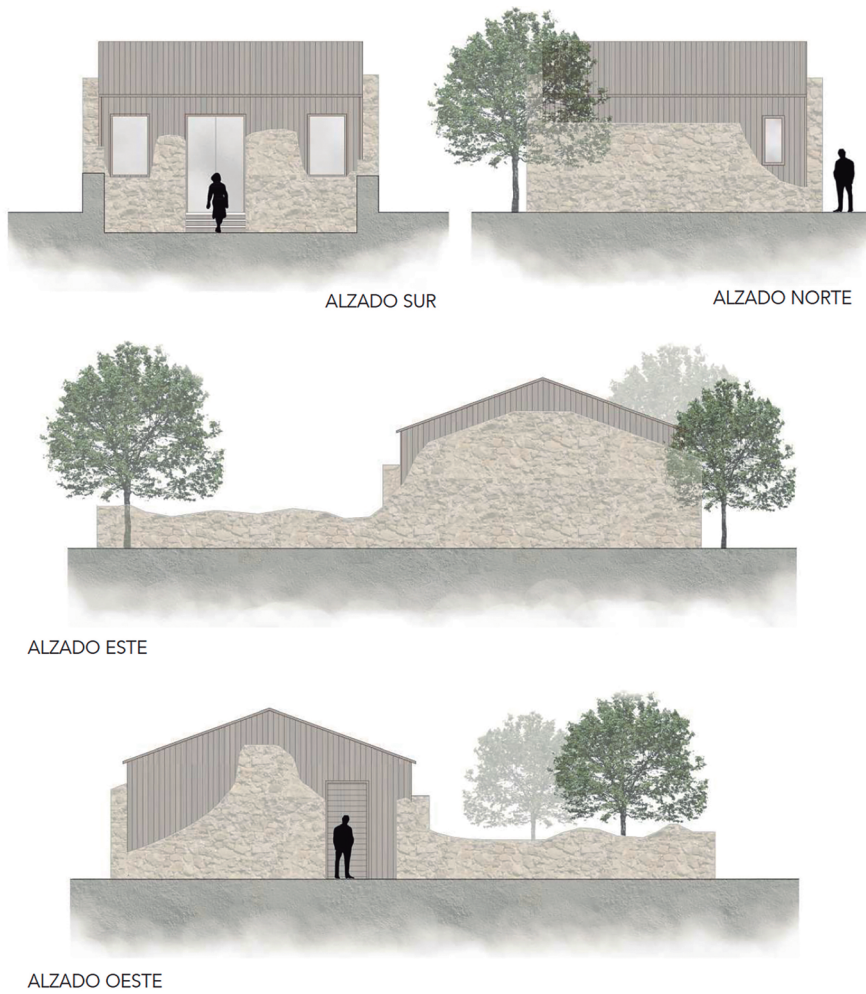
33 and 35. Exterior and Interior of the pilot action of Valencia, UPV

volumen resultante consigue una composición armónica con el entorno agroforestal a modo de crecimiento orgánico, en muy buena integración paisajística.

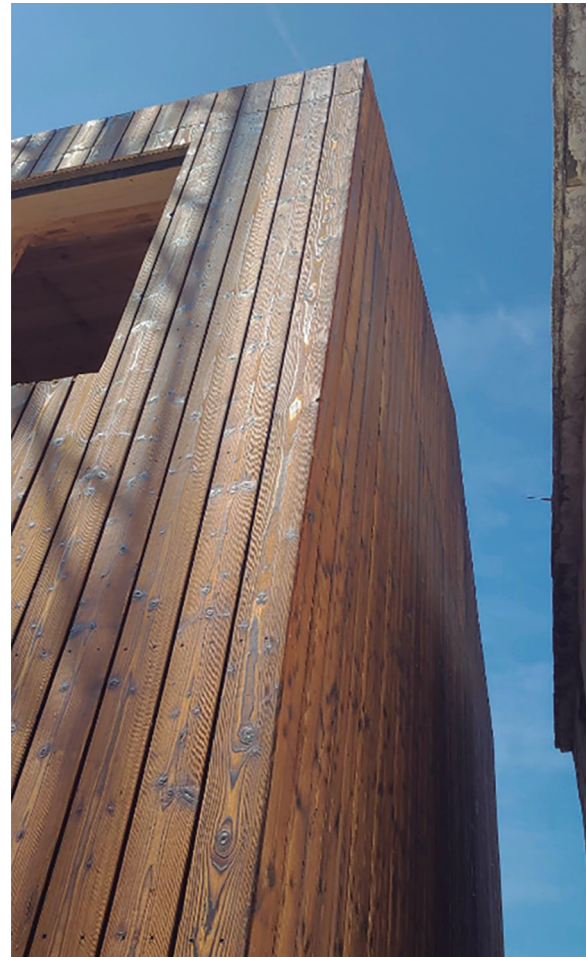
Se le otorga protagonismo a la ruina a nivel perceptivo y funcional restaurando meticulosamente la ruina y resaltando notoriamente la materialidad pétreo existente. A nivel funcional los gruesos muros de piedras trabajan en colaboración con el aislamiento propuesto contribuyendo a conservar la inercia térmica en el interior del edificio.

En la figura 30, se puede observar la compatibilidad entre los sistemas preexistentes de muros de piedra, y la perfecta integración con el sistema de cerramiento IMIP. En este encaje, los muros de CLT que componen la tipología de detalle D IMIP, se acoplan a la preexistencia sin llegar a tocarla, y así arrancando desde el forjado sanitario compuesto por el detalle C IMIP, conforman un cerramiento continuo incluido el aislamiento de corcho natural, hasta la formación de la cubierta. La edificación se cierra y cubre aguas en la cubierta, con el sistema de tipología A IMIP. Para completar los cerramientos de fachada, se confecciona a medida, configurando el contorno de la preexistencia, la piel exterior compuesta por la impermeabilización, la cámara ventilada y la capa exterior compuesta por lamas de madera con protección a la intemperie. En la figura 31 se pueden observar la secuencia de capas y montaje, y en la figura 32 los acabados montados

Los resultados de este estudio así como diversas experiencias similares reflejadas en la bibliografía, demuestran que la prefabricación de sistemas para la rehabilitación ofrece un ahorro promedio del 30% en el tiempo de construcción en com-



32



33



34



35



The efficient way of proceeding allows an effective use of resources and agility in the construction process, considerably reducing production and assembly costs. The rapid implementation of this low environmental impact, energy efficient, economically feasible system could be key to the regeneration of the rural world. Methodological and intervention proposals of this type favour rehabilitation in inaccessible environments, promote the reuse of pre-existing buildings and reactivate the local economy. Giving disused traditional buildings a new function, generating activation and social interaction, translates into the reactivation of the rural environment.

As a further expectation, the application of this methodology for an effective rehabilitation and rescue of isolated traditional rural architecture is proposed. ■

References

- ARRIAGA, F. (2022) Estado actual de la construcción con madera en España. *Quaderns d'Estructures* 69. <https://aceweb.cat/es/articulos-destacados/estado-actual-de-la-construccion-con-madera-en-espana/>
- BIMnD, E. (2019) Photogrammetry versus Laser Scanning: pros and cons. Available at: <https://www.bimnd.es/fotogrametriaversusescaner3d/> (Accessed: 26 September 2021)
- EU COMMISSION (2021a) 2021/0426(COD) Energy performance of buildings
- EU COMMISSION (2021b) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': Delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to Climate Neutrality. COM/2021/550 final
- EU COMMISSION (2021c) Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). PE/27/2021/REV/1. OJ L 243, 9.7.2021, p. 1-17.
- DELGADO-ARTÉS, R., GARÓFANO-GÓMEZ, V., OLIVER-VILLANUEVA, J.V., ROJAS-BRIALES, E. (2022) Land use/cover change analysis in the Mediterranean region: a regional case study of forest evolution in Castelló (Spain) over 50 years, *Land Use Policy* 114: 105967. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105967>.
- ESPON (2018) Fighting rural depopulation in Southern Europe. Available at: https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/af-espon_spain_02052018-sp.pdf
- GAN, V., LO, I., MA, J., TSE, K.T., CHENG, J.C.P., CHAN, C.M. (2020) Simulation 23optimization towards energy efficient green buildings: Current status and future trends. *Journal of Cleaner Production* (254): 120012. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120012>.
- GARCÍA-VALCÁRCCEL, A., PÉREZ-SÁNCHEZ, A.,

paración con los métodos de construcción tradicionales (Johnson et al., 2019; Smith et al., 2021). Esta reducción en el tiempo se debe a la fabricación anticipada de componentes y a la eficiencia en su instalación en el lugar de rehabilitación. En términos de costos económicos, la prefabricación generó un ahorro promedio del 25% (Brown et al., 2020; Chen et al., 2022). Este ahorro se atribuye a la optimización de los procesos de producción, la reducción de errores y retrabajos, y la eficiente gestión de materiales.

Conclusiones

La metodología de intervención propuesta contempla el triple balance de la sostenibilidad en cada una de las fases de proyecto.

El aprovechamiento de la luz solar, la utilización de materiales locales y otras lecciones aportadas por los referentes de arquitectura tradicional contribuyen a la rehabilitación bioclimática de la ruina. No obstante, la intervención propuesta incorpora novedosas mejoras con respecto a los sistemas constructivos vernáculos, arrojando un proyecto de alta eficiencia energética.

Gracias a las herramientas digitales de representación y levantamiento se consigue una perfecta simbiosis entre el sistema constructivo propuesto y la preexistencia. Este sistema de levantamiento, previsualización y modelado a medida facilita la prefabricación de los paneles de madera, disminuyendo considerablemente la posibilidad de errores. La integración del BIM permite la digitalización de toda la información del proyecto, incluido los datos necesarios para el cálculo térmico. Mediante la exportación

de esta información al software correspondiente se puede obtener resultados de eficiencia energética de mayor fiabilidad.

Los materiales incorporados derivados de la madera y del corcho contribuyen a la gestión sostenible de los ecosistemas forestales mediterráneos. Además, su naturaleza autóctona repercute en el bajo impacto ambiental de la intervención, reduciendo su huella de carbono durante el proceso de aprovechamiento y logística. La compatibilidad entre los sistemas constructivos ofrece una nueva funcionalidad a los elementos preexistentes y refuerza sus potencialidades.

La eficiente manera de proceder permite un aprovechamiento eficaz de los recursos y agilidad en el proceso constructivo, reduciendo considerablemente los costes de producción y montaje. La rápida implementación de este sistema de bajo impacto ambiental, alta eficiencia energética, factible económicamente, pudiera ser clave para la regeneración del mundo rural.

Propuestas metodológicas y de intervención de este tipo, favorecen la rehabilitación en entornos poco accesibles, promueven la reutilización de las preexistencias y reactivan la economía local. Otorgarles a los edificios tradicionales en desuso una nueva función, genera activación e interacción social, se traduce en la reactivación del medio rural.

Como expectativa de continuación, se propone la aplicación de esta metodología para una eficaz rehabilitación y rescate de la arquitectura tradicional rural aislada. ■

Referencias

- ARRIAGA, F. (2022) Estado actual de la construcción con madera en España. *Quaderns d'Estructures* 69. <https://aceweb.cat/es/articulos-destacados/estado-actual-de-la-construccion-con-madera-en-espana/>

- cat/es/articulos-destacados/estado-actual-de-la-construccion-con-madera-en-espana/
- BIMnD, E. (2019) Fotogrametría versus Escáner Láser: pros y contras. Available at: <https://www.bimnd.es/fotogrametriaversusescaner3d/> (Accessed: 26 September 2021)
 - COMISIÓN EU (2021a) 2021/0426(COD) Energy performance of buildings
 - COMISIÓN EU (2021b) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': Delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to Climate Neutrality. COM/2021/550 final
 - COMISIÓN EU (2021c) Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). PE/27/2021/REV/1. OJ L 243, 9.7.2021, p. 1–17
 - DELGADO-ARTÉS, R., GARÓFANO-GÓMEZ, V., OLIVER-VILLANUEVA, J.V., ROJAS-BRIALES, E. (2022) Land use/cover change analysis in the Mediterranean region: a regional case study of forest evolution in Castelló (Spain) over 50 years, *Land Use Policy* 114: 105967. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105967>.
 - ESPON (2018) Luchando contra la despoblación rural en el sur de Europa. Available at: https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/af-espon_spain_02052018-sp.pdf
 - GAN, V., LO, I., MA, J., TSE, K.T., CHENG, J.C.P., CHAN, C.M. (2020) Simulation optimization towards energy efficient green buildings: Current status and future trends. *Journal of Cleaner Production* (254): 120012. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120012>.
 - GARCÍA-VALCÁRCCEL, A., PÉREZ-SÁNCHEZ, A., GONZÁLEZ-CRUZ, M.C., GONZÁLEZ-VIDAL, F.J., (2019). Energy efficiency and CO2 emissions reduction by applying BIM methodology in residential building design. *Journal of Cleaner Production*, 212, 576-587.
 - HILDEBRANDT, J., HAGEMANN, N., THRÄN, D. (2017). The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. *Sustainable cities and society*, 34, 405-418. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013>
 - JENSEN, P. A., MASLESA, E., BERG, J. B., THUESEN, C. (2018). 10 questions concerning sustainable building renovation. *Building and Environment*, 143, 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.051>
 - JOHNSON, A., ADAMS, B., & WILLIAMS, C. (2019). Prefabrication in Rehabilitation: A Time and Cost-Saving Strategy. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(3), 112-120. MITMA (2023). Programa de fomento de la regeneración y renovación urbanas y rural. Programa 7: Fomento de la regeneración y renovación urbana y rural. <https://www.mitma.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/programas-de-ayudas-a-la-vivienda-programa-de-fomento-de-la-regeneracion-y-renovacion-urbanas>.
 - NEILA GONZÁLEZ, F. J. (2009) *Arquitectura bioclimática y construcción sostenible*. Edited by C. Acha Román. Pamplona: DAPP (Construcción y urbanismo)
 - REY AYNAT, J. M. del (1994) *Arquitectura rural valenciana*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
 - REY AYNAT, J. M. del (2019) Los corrales, una estructura exenta o vinculada a la granja agraria., *Arquitectura Rural Valenciana* (blog). Available at: <http://arquitecturauralvalenciana.blogspot.com/2019/03/los-corrales-una-estructura-exenta-o.html> (Accessed: 30 May 2021).
 - SALIS, M.; DEL GIUDICE, L.; JAHDI, R.; ALCASENA-URDIROZ, F.; SCARPA, C.; PELLIZZARO, G.; BACCIU, V.; SCHIRRU, M.; VENTURA, A.; CASULA, M.; et al. Spatial Patterns and Intensity of Land Abandonment Drive Wildfire Hazard and Likelihood in Mediterranean Agropastoral Areas. *Land* 2022, 11, 1942. <https://doi.org/10.3390/land11111942>
 - SMITH, R., DAVIS, J., & BROWN, L. (2021). The Economic Benefits of Prefabrication in Rehabilitation Projects. *Construction Research Congress Proceedings*, 2021(1), 456-465.
 - UPV-ITACA (2021) IMIP Interreg-Sudoe. – ICT vs Climate Change. Available at: <https://www.sudoe-imip.eu/the-universitat-politecnica-de-valencia-upv/> (Accessed: 31 January 2022).
 - VÁZQUEZ, C. (2013) Un patrimonio que amenaza ruina, EL PAÍS., Available at: https://elpais.com/ccaa/2013/10/12/valencia/1381601064_934606.html (Accessed: 23 May 2021).
 - VEGAS, F. y MILETO, C. (2014) *Aprendiendo a restaurar: un manual de restauración de la arquitectura tradicional de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana
 - VEGAS LÓPEZ-MANZANARES, F. et al. (2014) Versus. Lecciones del patrimonio vernáculo para una arquitectura sostenible.
 - VILLA, M. M. (2018) *Modelado BIM del patrimonio arquitectónico para la intervención del teatro romano de Sagunto*. Universidad Politécnica de Valencia.
 - GONZÁLEZ-CRUZ, M.C., GONZÁLEZ-VIDAL, F.J., (2019). Energy efficiency and CO2 emissions reduction by applying BIM methodology in residential building design. *Journal of Cleaner Production*, 212, 576-587.
 - HILDEBRANDT, J., HAGEMANN, N., THRÄN, D. (2017). The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. *Sustainable cities and society*, 34, 405-418. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013>
 - JENSEN, P. A., MASLESA, E., BERG, J. B., THUESEN, C. (2018). 10 questions concerning sustainable building renovation. *Building and Environment*, 143, 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.051>
 - JOHNSON, A., ADAMS, B., & WILLIAMS, C. (2019). Prefabrication in Rehabilitation: A Time and Cost-Saving Strategy. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(3), 112-120. MITMA (2023). Programme for the promotion of urban and rural regeneration and renewal. Programme 7: Promotion of urban and rural regeneration and renewal. <https://www.mitma.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/programas-de-ayudas-a-la-vivienda-programa-de-fomento-de-la-regeneracion-y-renovacion-urbanas>.
 - NEILA GONZÁLEZ, F. J. (2009) *Bioclimatic architecture and sustainable construction*. Edited by C. Acha Román. Pamplona: DAPP (Construction and urban planning).
 - REY AYNAT, J. M. del (1994) *Arquitectura rural valenciana*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
 - REY AYNAT, J. M. del (2019) Los corrales, una estructura exenta o vinculada a la granja agraria, *Arquitectura Rural Valenciana* (blog). Available at: <http://arquitecturauralvalenciana.blogspot.com/2019/03/los-corrales-una-estructura-exenta-o.html> (Accessed: 30 May 2021).
 - SALIS, M.; DEL GIUDICE, L.; JAHDI, R.; ALCASENA-URDIROZ, F.; SCARPA, C.; PELLIZZARO, G.; BACCIU, V.; SCHIRRU, M.; VENTURA, A.; CASULA, M.; et al. Spatial Patterns and Intensity of Land Abandonment Drive Wildfire Hazard and Likelihood in Mediterranean Agropastoral Areas. *Land* 2022, 11, 1942. <https://doi.org/10.3390/land11111942>
 - SMITH, R., DAVIS, J., & BROWN, L. (2021). The Economic Benefits of Prefabrication in Rehabilitation Projects. *Construction Research Congress Proceedings*, 2021(1), 456-465.
 - UPV-ITACA (2021) IMIP Interreg-Sudoe. – ICT vs Climate Change. Available at: <https://www.sudoeimip.eu/the-universitat-politecnica-de-valencia-upv/> (Accessed: 31 January 2022).
 - VÁZQUEZ, C. (2013) Un patrimonio que amenaza ruina, EL PAÍS., Available at: https://elpais.com/ccaa/2013/10/12/valencia/1381601064_934606.html (Accessed: 23 May 2021).
 - VEGAS, F. and MILETO, C. (2014) *Aprendiendo a restaurar: un manual de restauración de la arquitectura tradicional de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana.
 - VEGAS LÓPEZ-MANZANARES, F. et al. (2014) Versus. Lessons from vernacular heritage for sustainable architecture.
 - VILLA, M. M. (2018) BIM modelling of the architectural heritage for the intervention of the Roman theatre of Sagunto. Polytechnic University of Valencia.