

Víctor Fernández Mora

Universitat Politècnica de València
victor.fermo@gmail.com

Ignacio J. Navarro Martínez

Universitat Politècnica de València
ignamarl@upvnet.upv.es

Víctor Yepes Piqueras

Universitat Politècnica de València
vyepesp@cst.upv.es

Cap a la rehabilitació d'habitatges: demanda i necessitat social

Resum: A l'any 2008 es va desencadenar una crisi econòmica mundial que va fer tremolar els fonaments de la societat i ha canviat la seua visió. A Espanya, aquesta crisi va afectar amb crudeza al sector immobiliari deixant milers d'habitatges buits. A l'actualitat, encara queden remanents d'aquesta ferida a la societat: un parc d'habitatge envellit i la dificultat d'accés a l'habitatge entre altres factors. Aquest context sumat a la necessitat de treballar cap a una manera d'habitar més sostenible justifica una necessitat social que s'està convertint en una realitat. Rehabilitar habitatge en lloc de construir-ne de nou. Un nou repte per a l'arquitectura en resposta a la societat. Un nou repte per al que es plantegen diferents solucions.

Paraules clau: BIM; rehabilitació d' edificis; sostenibilitat; habitatge

Towards Housing Rehabilitation: Demand and Social Need

Abstract: In 2008, a global economic crisis broke out that shook society's sciences and produced changes in its vision. In Spain, this crisis hit the real estate sector cruelly, leaving thousands of empty homes. Today, there are still vestiges of this wound in society: an aging housing park and the difficulty of access to housing among other factors. This social context, coupled with the need to work to

achieve a more sustainable way of living, justifies a social need that is becoming a reality. Rehabilitate housing instead of building new. A new challenge for architecture in response to society. A new challenge for which different solutions are being proposed.

Keywords: BIM; rehabilitation of buildings; sustainability; housing

Com citar | How to cite:

Fernández Mora, Víctor, Ignacio J. Navarro Martínez, and Víctor Yepes Piqueras. "Towards Housing Rehabilitation: Demand and Social Need." *ANUARI d'Arquitectura i Societat research journal*, no. 3 (2023): 162-187. ISSN: 2792-7601. <https://doi.org/10.4995/anuari.2023.19984>

Hacia la rehabilitación de viviendas: demanda y necesidad social

Resumen: El año 2008 se desencadenó una crisis económica mundial que hizo temblar los cimientos de la sociedad y produjo cambios en su visión. En España, esta crisis afectó con crudeza al sector inmobiliario, dejando miles de viviendas vacías. En la actualidad, aún quedan vestigios de esta herida en la sociedad: un parque de vivienda envejecido y la dificultad de acceso a la vivienda entre otros factores. Este contexto social sumado a la necesidad de trabajar para conseguir una manera

de habitar más sostenible justifica una necesidad social que se está convirtiendo en una realidad. Rehabilitar vivienda en lugar de construir nueva. Un nuevo reto para la arquitectura en respuesta a la sociedad. Un nuevo reto para el que se están planteando diferentes soluciones.

Palabras clave: BIM; rehabilitación de edificios; sostenibilidad; vivienda

Vers la réhabilitation de logements: demande et besoin social

Résumé : L'any 2008 a esclaté une crise économique mondiale faisant trembler les fondements de la société et changeant son aperçu. En Espagne, cette crise toucha cruellement le secteur immobilier, laissant des milliers de logements vides. Actuellement il y a encore des séquelles de cette blessure dans la société : un parc de logements vieillissant et la difficulté d'accès au logement, parmi d'autres facteurs. Ce contexte, en plus du besoin de travailler

pour une manière d'habiter plus durable, justifie un besoin social qui est en train de devenir une réalité. Réhabiliter le logement au lieu d'en bâtir un autre. Voilà un nouvel enjeu pour l'architecture comme réponse à la société. Un nouvel enjeu pour lequel se posent plusieurs solutions.

Mots-clés : BIM ; réhabilitation de bâtiments ; durabilité ; logement

Les noves necessitats socials

Vivim en una època de grans canvis per a l'arquitectura i la societat en el seu conjunt. L'any 2008, el món es va veure sacsejat per una crisi econòmica que va trastocar els fonaments de la societat i va canviar la nostra percepció de manera irrevocable. A Espanya, aquesta crisi va afectar de manera contundent el sector immobiliari, deixant al seu pas milers d'habitatges buits i una profunda empremta en la societat. Avui dia, encara es perceben les seqüeles d'aquesta ferida: un parc d'habitatges envellit i la dificultat per accedir a un habitatge digne, entre altres factors que hem d'abordar.

Aquestes ferides, encara no sanades van ser reobertes el 2020, quan la pandèmia del SARS-CoV-2 va assolir la societat. Durant aquest any, gran part de la població mundial va veure alterada la seva rutina diària. En el cas d'Espanya i gran nombre de països a tot el món, durant unes setmanes, la població va estar confinada als seus habitatges. Una paralització del sistema econòmic i una quarantena que va reinventar la manera d'habitar els nostres habitatges i ens va fer replantejar-nos les necessitats dels nostres habitatges.¹

El confinament va posar de manifest la rellevància cabdal de comptar amb habitatges adequats i funcionals que s'ajustin a les nostres necessitats canviants. Moltes persones es van trobar lidiament amb la mancança d'espai per treballar des de casa, estudiar o gaudir d'activitats recreatives. A més, el prolongat període de convivència en espais reduïts va generar tensions i va accentuar la importància de disposar d'entorns saludables i còmodes. Aquesta situació va subratllar la pertinència de dur a terme la rehabilitació estructural d'edificis, per tal d'adaptar-los a les noves exigències i promoure un estil de vida més resilient.

El canvi climàtic és una realitat cada vegada més evident en el nostre dia a dia i ha generat una creixent preocupació per la necessitat d' adoptar mesures sostenibles en

Roads and settlement patterns

We live in a time of great changes for architecture and society as a whole. In 2008, the world was hit by an economic crisis that disrupted society's foundations and irrevocably changed our perception. In Spain, this crisis strongly affected the real estate sector, leaving in its wake thousands of empty homes and a deep impact on society. Today, the consequences of this wound are still being seen: an ageing housing park and the difficulty in accessing decent housing, among other factors that must be addressed.

These wounds, although not healed, were reopened in 2020, when the SARS-CoV-2 pandemic devastated society. During that year, much of the world's population had their daily routine altered. In the case of Spain and a large number of countries around the world, for a few weeks, the population was confined to their homes. A paralysis of the economic system and a quarantine that reinvented the way of inhabiting

our homes and made us replant the needs of our homes.¹

Confinement demonstrates the crucial relevance of having adequate and functional housing that fits our changing needs. Many people found themselves dealing with a lack of space to work from home, study or enjoy recreational activities. In addition, the prolonged period of coexistence in small spaces generated tensions and accentuated the importance of having healthy and comfortable environments. This situation underscored the importance of carrying out the structural rehabilitation of buildings, in order to adapt them to new demands and promote a more resilient lifestyle.

Climate change is an increasingly evident reality in our daily lives and has generated growing concern about the need to adopt sustainable measures in all sectors, including architecture and construction. In this same period of time, we have witnessed explosive and extreme weather

tots els sectors, inclòs el de l'arquitectura i la construcció. En aquest mateix període de temps, hem estat testimonis de fenòmens meteorològics explosius i extrems que s'han tornat més freqüents, com tempestes intenses, inundacions i onades de calor. Aquests esdeveniments extrems han posat de manifest la importància d'abordar l'adaptació al canvi climàtic i la mitigació dels seus efectes.

En els últims anys, la temperatura mitjana ha experimentat un increment significatiu de 15,6^º el 1986 a 16,3^º l'any 2022. Aquest augment tèrmic té implicacions directes en la demanda energètica dels edificis, ja que es requereix una major refrigeració en períodes de calor intensa. Per tant, la rehabilitació d'edificis esdevé una estratègia clau per millorar l'eficiència energètica i reduir la petjada de carboni del sector de la construcció.

Espanya ha patit de manera constant els efectes de la sequera en els últims anys. L'escassetat de recursos hídrics planteja desafiaments significatius per al sector de la construcció i la rehabilitació d'edificis. És fonamental implementar mesures de gestió de l'aigua, com la reutilització i l'ús eficient d'aquest recurs, tant en el disseny dels projectes de rehabilitació com en el manteniment posterior dels edificis. A més, la utilització de sistemes de captació i emmagatzematge d'aigua pluvial pot contribuir a mitigar els efectes de la sequera i reduir la dependència de fonts externes de subministrament.

No obstant això, en aquest context de reptes i necessitats, sorgeix una solució que transcendeix el merament constructiu, una resposta que busca un enfocament més sostenible i responsable cap a l'hàbitat: la rehabilitació d'edificis. Com a arquitectes, és el nostre deure explorar i exposar la importància social, econòmica i sostenible d'aquest enfocament. Atorgant una nova vida a edificis existents i dotant-los de noves característiques per renovar el teixit social. Aquesta nova manera d'habitar, basada en la rehabilitació dels edificis existents per augmentar la seva vida útil és viable gràcies a les millores tecnològiques. Millores que permeten dotar els edificis existents de noves capacitats.

phenomena that have become more frequent, such as intense storms, floods and heat waves. These extreme events have highlighted the importance of addressing adaptation to climate change and mitigation of its effects.

In recent years, the average temperature has experienced a significant increase from 15.6 degrees in 1986 to 16.3 degrees in 2022. This thermal increase has direct implications on the energy demand of buildings, since greater cooling is required in periods of intense heat. Therefore, the rehabilitation of buildings becomes a key strategy to improve energy efficiency and reduce the carbon footprint of the construction sector.

Spain has consistently suffered the effects of the drought in recent years. The scarcity of water resources poses significant challenges for the construction and rehabilitation sector of buildings. It is essential to implement water management measures, such as the reuse and efficient use of this resource, both in the design of rehabilitation

projects and in the subsequent maintenance of buildings. In addition, the use of rainwater collection and storage systems can help mitigate the effects of drought and reduce dependence on external supply sources.

However, in this context of challenges and needs, a solution emerges that transcends the merely constructive, a response that seeks a more sustainable and responsible approach to the skill: the rehabilitation of buildings. As architects, it is our duty to explore and explain the social, economic and sustainable importance of this approach. Giving a new life to existing buildings and giving them new characteristics to renovate the social fabric. This new way of living, based on the rehabilitation of existing buildings to increase their useful life, is viable thanks to technological improvements. Improvements that allow existing buildings to be equipped with new capacities.

During this same period of time, technological development has made it possible to find technical

Durant aquest mateix període de temps, el desenvolupament tecnològic ha permès trobar solucions tècniques que milloren l'eficiència energètica de l'edifici, que permeten allargar la vida útil de les seves estructures o incorporen sistemes de gestió més eficients. Sistemes que milloren la qualitat de vida dels usuaris que no només afecten l'acompliment de l'edifici ni les seves prestacions, sinó també la manera que aquest és habitat. La rehabilitació d'edificis per a aquestes noves característiques no té resposta única. Els professionals del sector es troben davant d'un gran repte a l'hora d'adoptar i adaptar aquestes tecnologies.

En aquest article s'exploren els diferents factors que han propiciat el canvi de la indústria de l'Arquitectura, l'Enginyeria i la Construcció (AECO). Aquests factors s'estudien des de tres òptiques molt diferents: el mercat immobiliari i les seves oscil·lacions, cobrir les necessitats socials i complir amb l'exigència climàtica. Un cop es defineixen les noves necessitats de la societat espanyola actual, s'establiran les mesures tècniques de què disposem els professionals per donar-hi resposta. Per això es crea el concepte de "rehabilitació científica" com a mètode de rehabilitació d'edificis basat a donar una resposta particular basada en les necessitats particulars de cada edifici per fer créixer la societat. Cal ressaltar que la rehabilitació d'edificis no només implica millores en els aspectes físics d'aquests, sinó que també té un impacte social i econòmic considerable. La rehabilitació genera ocupació en el sector de la construcció, tant en termes de mà d'obra com de serveis especialitzats. A més, en impulsar l'activitat econòmica local, contribueix a la reactivació de l'economia en moments de crisi, com la que actualment enfrontem a causa de la pandèmia.

Estem vivint una època de canvi, una època de transició cap a una nova manera d'habitar basada en la reducció del consum dels recursos. Aquest canvi no està motivat per un únic factor i per entendre'l i actuar en conseqüència s'ha d'estudiar des de tots els seus punts de vista. Les noves maneres d'habitar són resultat de les demandes i necessitats de la societat i només atenent-les es pot aconseguir un teixit social cohesionat.

solutions that improve the energy efficiency of the building, that allow to extend the useful life of its structures or incorporate more efficient management systems. Systems that improve the quality of life of users that not only affect the performance of the building or its features, but also the way it is inhabited. The rehabilitation of buildings for these new characteristics does not have a single answer. Professionals in the sector face a major challenge when it comes to adopting and adapting these technologies.

This article explores the different factors that have led to the change in the Architecture, Engineering and Construction (AECO) industry. These factors are studied from three very different perspectives: the real estate market and its fluctuations, covering social needs and complying with climate demands. Once the new needs of today's Spanish society are defined, the technical measures available to professionals to respond to them will be established. For this, the concept of "scientific rehabilitation" is created as a method

of rehabilitation of buildings based on giving a particular response based on the particular needs of each building to make society grow. It should be emphasized that the rehabilitation of buildings not only implies improvements in the physical aspects of them, but also has a considerable social and economic impact. Rehabilitation generates employment in the construction sector, both in terms of labor and specialized services. In addition, by boosting local economic activity, it contributes to the reactivation of the economy in times of crisis, such as the one we are currently facing due to the pandemic.

We are living in a time of change, a time of transition towards a new way of living based on the reduction of the consumption of resources. This change is not motivated by a single factor and to understand it and act accordingly demands to be studied from all its points of view. The new ways of living are the result of the demands and needs of society and only by attending to them can a cohesive social fabric be achieved.

El motor del canvi econòmic

Un parc d'habitatges envellit

En l'actualitat Espanya compta amb un parc d'habitatges de 25.882.055 habitatges segons l'última dada publicada de l'any 2020.² Aquest nombre no ha deixat de créixer des de principis de segle, tot i que hi ha hagut una gran variació en el ritme de creixement, reduint-se aquest des de l'any 2006 fins al 2019. L'any 2006, va ser el punt àlgid del "Boom Immobiliari" i l'any que més llicències d'obra es van concedir a Espanya, tant per a obra nova com per a rehabilitació. Després de l'explosió de la bombolla el 2008, aquesta tendència va començar a decreixer, fins a arribar al mínim de llicències el 2013, suposant aquestes un 4,2% del total de llicències assolides en el millor any. Les últimes dades disponibles són de 2019,³ amb un total de 80.916 llicències, tot i que presenta una recuperació i un increment respecte a anys anteriors, aquesta dada suposa un 10,97% de llicències respecte al millor any.

En el període de 14 anys comprès entre el 2006 i el 2020 s'han finalitzat un total de 3.017.219 habitatges. És a dir, en aquest període s'han finalitzat l'11,65 % dels habitatges que actualment hi ha a Espanya. Si comparem el nombre d'habitatges per habitant d'Espanya, sent aquest d'1,86 habitants per habitatge; amb la mitjana europea, observem que ens trobem en una ràtio propera a la mitjana.⁴ De manera simplificada es pot afirmar que a Espanya no hi ha una mancança d'habitatge.

Tal com s'observa en la Figura 1, un 57,42 % dels habitatges són anteriors al 1980, primer any el que s'han obtingut dades, únicament un 2,54 % s'han construït en els últims 10 anys. Si comparem els certificats finals d'obra emesos pels diferents col·legis d'arquitectes obtinguts en el mateix període les dades són semblants. L'any amb un major nombre de certificats final d'obra va ser 2007 amb 641.419 certificats i l'any amb un menor nombre 2016 amb 40.119, una reducció del 93,75 %. A partir del 2016 s'observa un creixement en el nombre de visats final d'obra de manera constant, tot i que encara molt lluny de les dades anteriors al 2007. Tenint el 2021 un 14,25% del nombre de finals d'obra que el 2007.

The engine of economic change

An ageing housing park

Spain currently has a housing park of 25,882,055 homes according to the latest data published in 2020.² This number has not stopped growing since the beginning of the century, although there has been a great variation in the growth rate, reducing it from 2006 to 2019. The year 2006 was the peak of the "Real Estate Boom" and the year that more building permits were granted in Spain, both for new construction and rehabilitation. After the bubble explosion in 2008, this trend began to decline, reaching the minimum number of licenses in 2013, accounting for 4.2% of the total licenses reached in the best year. The latest available data are from 2019,³ with a total of 80,916 licenses, although it presents a recovery and an increase compared to previous years, this data represents 10.97% of licenses compared to the best year.

In the 14-year period between 2006 and 2020, a total of 3,017,219 homes were completed. In

other words, in this period, 11.65% of the homes currently in Spain have been completed. If we compare the number of homes per inhabitant in Spain, this being 1.86 inhabitants per home; with the European media, we observe that we are in a ratio close to the media.⁴ In a simplified way, it can be affirmed that in Spain there is no shortage of housing.

As can be seen in Figure 1, 57.42% of homes are prior to 1980, the first year that data have been obtained, only 2.54% have been built in the last 10 years. If we compare the final certificates of work issued by the different colleges of architects obtained in the same period, the data are similar. The year with the highest number of certificates was 2007 with 641,419 certificates and the year with the lowest number in 2016 with 40,119, a reduction of 93.75%. From 2016 there has been a constant increase in the number of final work registrations, although still very far from the data prior to 2007. Having in 2021 14.25% of the number of finishes of work than in 2007.

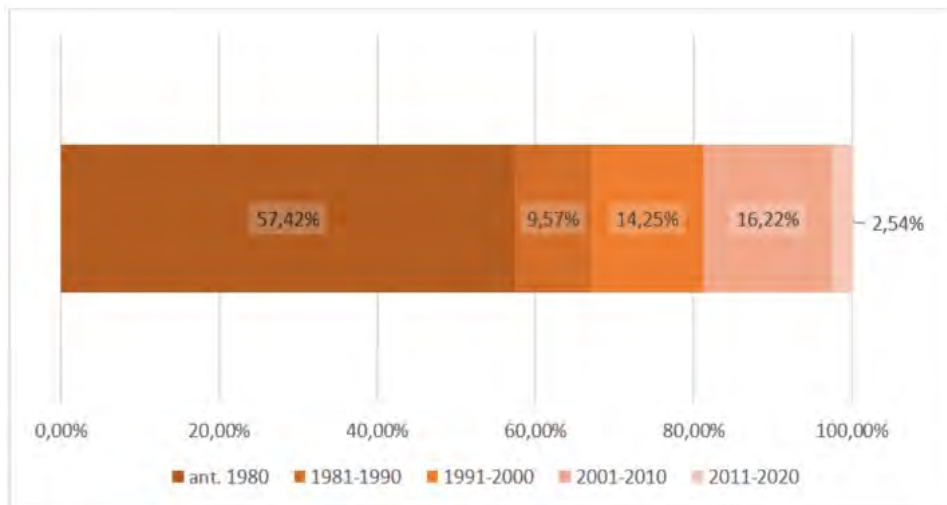


Figura 1. Distribució dels habitatges per any de construcció.

Figure 1. Distribution of homes by year of construction

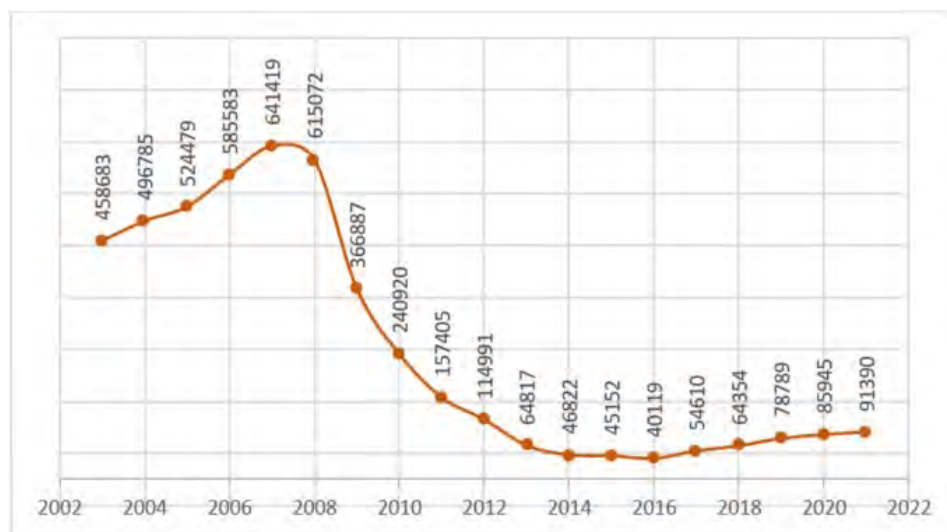


Figura 2. Nombre de finals d' obra per any

Figure 2. Number of endings per year

L'evolució del ritme de construcció està directament relacionada amb la relació de l'oferta i la demanda en el sector immobiliari. A causa de l'increment de construcció durant els anys previs a la crisi immobiliària es va produir un desajust al mercat, cosa que va propiciar que durant els anys post-boom el mercat es reajustés i encara es construís menys. Aquest efecte de reajustament és completament esperable des del punt de vista econòmic, però produeix un efecte de deteriorament i envelliment en l'habitatge que consumeix la seva vida útil de manera no efectiva.

En les dades anteriors es poden observar les diferents conseqüències de l'esclat de la bombolla immobiliària d'Espanya el 2008 i com això va afectar el sector de la construcció. També s'extreu que l'edat mitjana de l'habitatge a Espanya és de 30,3 anys. Considerant, tal com estableixen les diferents normatives d'edificació, una vida útil dels edificis de 50 anys, ens trobem que la majoria d'aquests ja n'han consumit gran part. Espanya té un parc d'habitatge envellit, amb un 57,42% dels habitatges estant a prop de superar la seva vida útil o havent-la superat.

Augment de costos de construcció i reducció de l'oferta

L'escassetat de construcció en els darrers 17 anys ha provocat una manca d'obra nova i una escalada de preus de l'habitatge, però no s'ha reduït la necessitat de la població d'accés a l'habitatge. Això s'ha suplert amb un augment de transaccions d'habitatge usat, com s'observa en la Figura 3. Històricament, el mercat immobiliari espanyol ha tingut una major taxa de transaccions d'habitatge de segona mà, fruit del parc d'habitatge envellit, però és a partir de l'any 2014 on s'observa un punt d'inflexió. L'any 2015, es van duplicar les transaccions d'habitatge usat respecte a l'any anterior, suposant un 82,02 % del total de les transaccions realitzades, significat un 456,22% més de transaccions d'habitatge usat respecte a les d'habitatge d'obra nova. Aquesta tendència ha seguit en la mateixa línia fins a l'actualitat.

The evolution of the construction rhythm is directly related to the relationship between supply and demand in the real estate sector. Due to the increase in construction during the years prior to the real estate crisis, there was a mismatch in the market, which led to the market being readjusted and even less built during the post-boom years. This effect of readjustment is completely expected from an economic point of view, but produces an effect of deterioration and aging on the home that consumes its useful life ineffectively.

The above data shows the different consequences of the stagnation of the real estate bubble in Spain in 2008 and how this affected the construction sector. It is also reported that the average age of housing in Spain is 30.3 years. Considering, as established by the different building regulations, a useful life of buildings of 50 years, we find that most of them have already consumed a large part of it. Spain has an ageing housing park, with

57.42% of homes close to exceeding their useful life or having exceeded it.

Increase in construction costs and reduction of supply

The shortage of construction in the last 17 years has caused a lack of new construction and an escalation of housing prices, but the need for access to housing has not been reduced. This has been supplied with an increase in used housing transactions, as shown in Figure 3. Historically, the Spanish real estate market has had a higher rate of second-hand housing transactions, as a result of the ageing housing park, but it is from 2014 where a turning point can be observed. In 2015, used housing transactions doubled compared to the previous year, accounting for 82.02% of the total transactions made. Meaning that 456.22% more transactions of used housing compared to new construction housing. This trend has continued along the same lines to the present day.

En aquest mateix període de temps, el preu de l'habitatge també ha patit una variació. A causa de la crisi immobiliària, el preu disminueix entre l'any 2007 i l'any 2014, amb valors de 2.085,50 €/m² i 1.463,10 €/m² respectivament. A partir d'aquest any i fins a l'actualitat, el preu ha anat augmentant fins a arribar a valors de 1.694,10 €/m² el 2021. Aquesta variació de preus succeeix d'una manera semblant independentment de si els habitatges són nous o usats. Durant aquests anys, es distingeixen dos períodes d'evolució. El primer, entre els anys 2007 i 2015, on l'índex general de preus es va reduir en gairebé una tercera part. A partir d'aquest any i fins al 2021, s'inicia una recuperació constant que, actualment, ha assolit els valors previs a la crisi.

Aquest augment de preus de l'habitatge, que com veurem posteriorment no ha estat acompanyat d'un augment del poder adquisitiu equivalent, ha suposat un increment en la barrera d'accés a l'habitatge per part dels ciutadans.

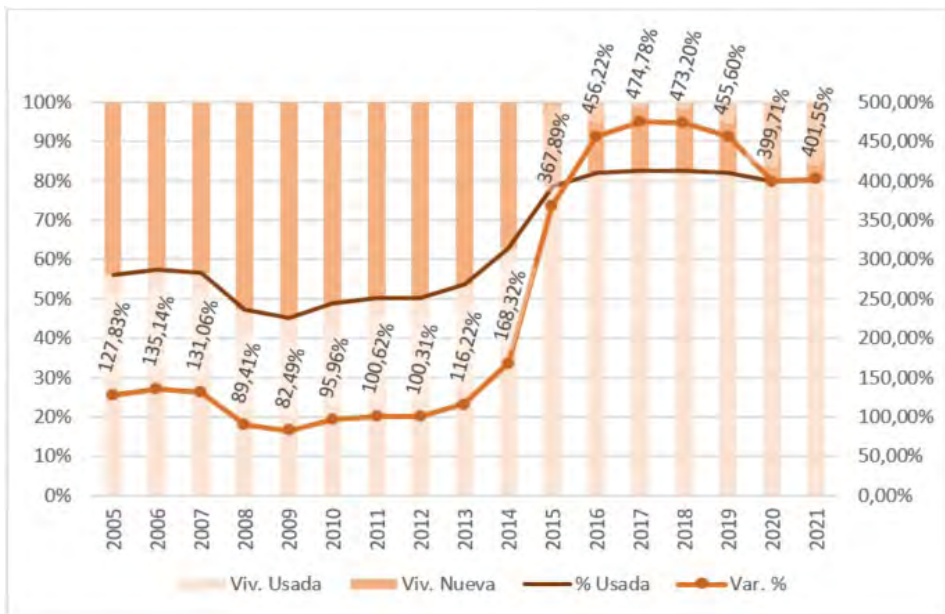


Figura 3. Transaccions d'habitatge a Espanya al llarg dels anys

Figure 3. Housing transactions in Spain over the years

In this same period of time, the price of housing has also changed. Due to the real estate crisis, the price decreased between 2007 and 2014, with values of 2,085.50 €/m² and 1,463.10 €/m² respectively. From this year until today, the price has been increasing to reach values of 1,694.10 €/m² in 2021. This price variation happens in a similar way regardless of whether the homes are new or used. During these years, two periods of evolution can be

distinguished. The first, between 2007 and 2015, where the general price index fell by almost a third. From that year until 2021, a steady recovery began, which has now reached pre-crisis values

This increase in house prices, which, as we will see later, has not been accompanied by an increase in equivalent purchasing power, has led to an increase in the barrier to access housing for citizens.

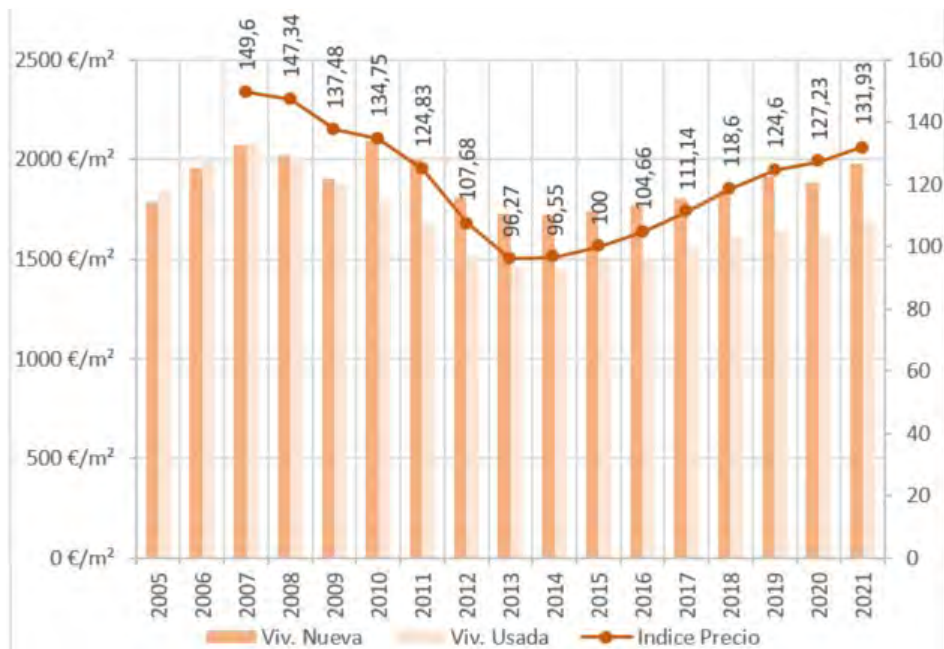


Figura 4. Evolució del preu del sòl i index de preus d'habitatge

Figure 4. Evolution of land prices and house price index

A la vista d' aquestes dades es pot entendre l'estat del mercat immobiliari espanyol en l'actualitat, format per un parc d' habitatges envellit i amb un cost que va en augment cada any. A aquest fet, cal sumar-hi l'augment constant dels costos de construcció que suposen una pressió directa sobre el preu de l'habitatge nou.

Segons la base de dades de preus de la construcció de l'Institut Valencià d'Edificació (IVE), considerant una edificació residencial oberta amb una alçada d'entre 3 i 8 plantes, d'entre 20 i 80 habitatges, d'una superfície útil mitjana d'entre 45 i 70m² i amb nivell mitjà d'acabats. Tal com es mostra en la Figura 5 els preus de la construcció han augmentat un 45% des de l' any 2005 i no han disminuït malgrat els efectes de la crisi immobiliària. Aquesta pujada de preus es concentra en els anys 2022 i 2023 a causa de la crisi de subministrament provocada per la Guerra d'Ucraïna i els efectes de l'aturada en la producció derivats de la pandèmia del COVID-19.

In view of these data, it is possible to understand the state of the Spanish real estate market today, made up of an ageing housing stock with a cost that is increasing every year. To this fact, we must add the constant increase in construction costs that put direct pressure on the price of new housing.

According to the construction price database of the Valencian Building Institute (IVE), considering an open residential building with a height of between

3 and 8 floors, between 20 and 80 homes, with an average usable area of between 45 and 70m² and with an average level of finishes. As shown in Figure 5, construction prices have increased by 45% since 2005 and have not decreased despite the effects of the housing crisis. This price increase is concentrated in 2022 and 2023 due to the supply crisis caused by the War in Ukraine and the effects of the halt in production resulting from the COVID-19 pandemic.

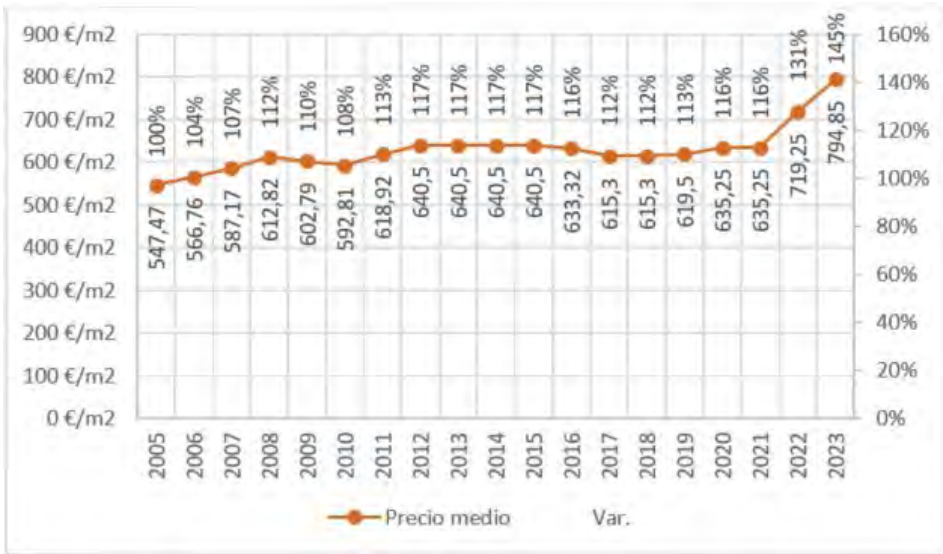


Figura 5. Costos de la construcción en €/m²

Figure 5. Construction costs in €/m²

Cap a la rehabilitació

A causa del que s'ha exposat anteriorment, el mercat espanyol d'habitatge està patint un canvi important de model de negoci. L'existència d'un parc d'habitatges envellit i l'augment constant dels costos de construcció malgrat la crisi immobiliària desincentiven la inversió en habitatge nou. Prova d'això és el baix nombre d'habitatges construïts en l'última dècada (un 2,54% del total) malgrat la recuperació del preu de l'habitatge durant aquests anys.

Això ha provocat un nou enfocament de la inversió econòmica en habitatge, cap a la rehabilitació. Com a resultat de la crisi immobiliària el volum de negoci total del sector ha disminuït respecte als valors del 2007, però aquesta reducció s'ha concentrat gairebé exclusivament en l'obra nova, mentre que la inversió en rehabilitació s'ha mantingut aproximadament constant al llarg dels anys. Això ha provocat que, el 2013 es marca el punt d'inflexió en què el volum de negocis principal ja no procedeix de l'obra nova sinó de la rehabilitació. El 2013, el 50,86 % del volum de negoci prové de la rehabilitació i des d'aleshores, aquesta tendència s'ha mantingut.

Towards rehabilitation

As a result, the Spanish housing market is undergoing a major change in its business model. The existence of an ageing housing stock and the constant increase in construction costs despite the housing crisis discourage investment in new housing. Proof of this is the low number of homes built in the last decade (2.54% of the total) despite the recovery in house prices during these years.

in housing, towards rehabilitation. As a result of the real estate crisis, the total turnover of the sector has decreased compared to 2007 values, but this reduction has been concentrated almost exclusively in new construction, while investment in renovation has remained approximately constant over the years. This has meant that 2013 marks the turning point in which the main turnover no longer comes from new construction but from refurbishment. In 2013, 50.86% of turnover came from renovation and since then, this trend has continued.

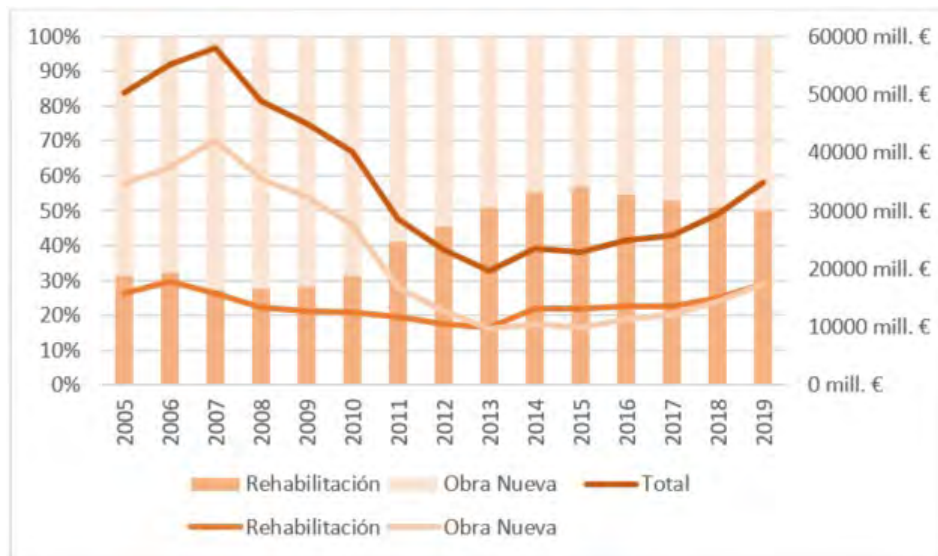


Figura 6. Volum de negoci total destinat a habitatge nou i rehabilitació

Figure 6. Total turnover for new housing and renovation

El sector immobiliari mostra el canvi de consum de la societat i s'hi adapta periòdicament. D'una banda, s'han reduït els habitatges d'obra nova construïts i d'altra banda, el volum de negoci destinat a rehabilitació és cada vegada més gran. En definitiva, el mercat immobiliari s'ha adaptat a la realitat, atorgant-li un major pes a la rehabilitació i recuperació d'habitatges.

El canvi social

Aquestes variacions en el sector immobiliari han tingut conseqüències també en l'àmbit social. En general, abans de l'explosió de la bombolla immobiliària (que situem el 2007) es va produir un augment del nivell de vida i dels sous. La crisi va tenir un impacte significatiu en l'economia i el mercat laboral, cosa que va portar a una disminució dels salaris i a una major precarietat laboral. En els anys posteriors a la crisi, hi ha hagut una

The real estate sector shows the change in society's consumption and periodically adapts to it. On the one hand, there has been a reduction in the number of newly-built homes built and, on the other hand, the volume of business allocated to renovation is increasing. In short, the real estate market has adapted to reality, giving greater weight to the rehabilitation and recovery of homes.

Social change

These changes in the real estate sector have also had consequences in the social sphere. In general, before the bursting of the housing bubble (which we place in 2007) there was an increase in living standards and wages. The crisis had a significant impact on the economy and the labour market, leading to lower wages and increased job insecurity. In the years following the crisis, there has been a slow economic recovery, but

lenta recuperació econòmica, però la millora en els salaris ha estat gradual i desigual. Alguns sectors i professions han experimentat augments salarials, especialment en àrees d'alta demanda i escassetat d'habilitats. No obstant això, altres sectors han enfrontat estancament salarial i una major precarietat laboral.

Dificultat d'accés a l'habitatge

Des del 2009 l'IPC a Espanya s'ha incrementat un 31,00%. En canvi, l'augment del salari mitjà ha estat del 9,56% i del salari més freqüent d'un 10,81%, per la qual cosa no han augmentat en la mateixa mesura, disminuint el nivell de vida dels espanyols. La diferència de creixement entre ambdós factors suposa una pèrdua del poder adquisitiu aproximada del 27,77%. Aquesta baixada de poder adquisitiu, influeix directament en l'adquisició d' habitatge i l'accessibilitat de la mateixa.

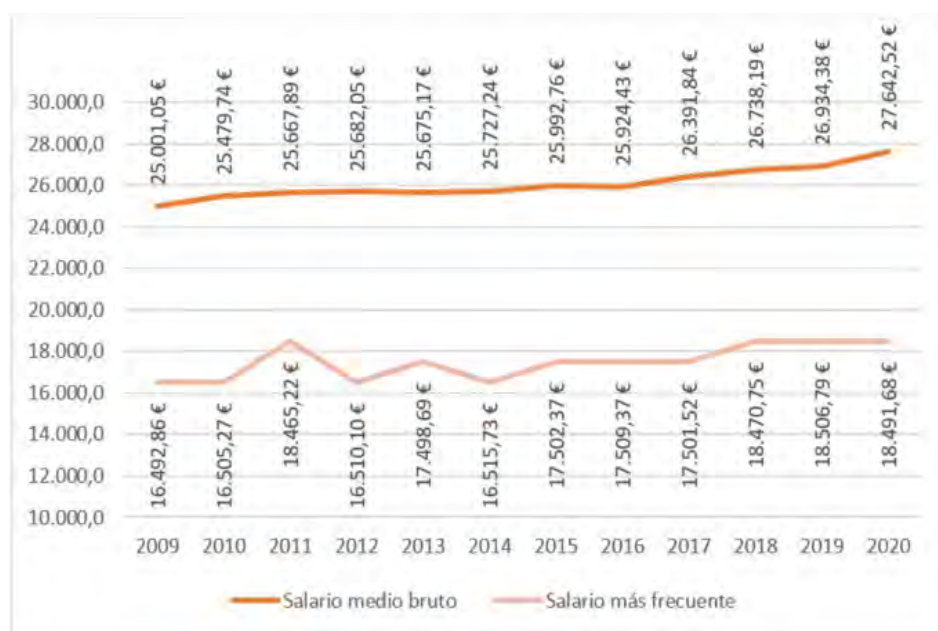


Figura 7. Variació del salari mitjà i més freqüent a Espanya.

Figure 7. Variation of the average and most frequent salary in Spain.

the improvement in wages has been gradual and uneven. Some sectors and professions have seen wage increases, especially in areas of high demand and skills shortages. However, other sectors have faced wage stagnation and increased job insecurity.

Difficulty in accessing housing

Since 2009 the IPC in Spain has increased by

31.00%. On the other hand, the increase in the average salary has been 9.56% and the most frequent salary has been 10.81%, so they have not increased to the same extent, decreasing the standard of living of Spaniards. The difference in growth between the two factors represents a loss of purchasing power of approximately 27.77%. This drop in purchasing power directly influences the purchase of housing and its accessibility.

Hi ha altres indicadors que confirmen un augment de dificultat en l'adquisició d'habitatge. El preu mitjà de l'habitatge es va mantenir entre 1995 i 2001 per sota del quàdruple de la renda bruta mitjana per llar, per passar a multiplicar-se per 8 el 2005, per assolir el seu màxim el 2007, amb un valor de més de 9 vegades la renda bruta anual de les llars. Al llarg del període de recessió econòmica i malgrat el descens de la renda bruta de la llar, s'ha reduït gradualment aquesta ràtio. L'any 2022, el preu de l'habitatge suposa 7,83 anys de renda bruta disponible per llar. La variació en l'accessibilitat de l' habitatge està relacionada amb la variació de preus de la mateixa i amb el nivell d'ingressos. Tot i que en l'actualitat, l'adquisició d'habitatge és més fàcil que en anys de la crisi, en els últims anys, està disminuint, seguint la tendència de recuperació de preus.

Aquesta disminució de capacitat d' adquisició també es pot observar a través dels mecanismes de finançament. El nombre total d'hipoteques ha descendit, havent-se constituït 1.082.587 hipoteques el 2009 i 558.210 l'any 2021, una reducció del 48,43 %.

Aquesta dificultat d'accés a l'habitatge ha dificultat directament a la capacitat d'emancipació, situant l'edat d'emancipació mitjana a Espanya en els 29,8 anys, molt per sobre dels 26,5 anys de mitjana a Europa (2023). A més, la mateixa font ens mostra com aquesta edat ha anat en augment en els últims anys, malgrat la tendència de disminució de la dècada anterior.

Resulta necessari garantir un habitatge accessible per a la població per poder generar un teixit social cohesiu i fort. A causa de la dificultat actual d'accés, s'han creat diferents estratègies per facilitar-lo, com ara la creació de subvencions al lloguer. La nova Llei d'Habitatge s'ha redactat en aquesta línia, garantint l'accessibilitat a l'habitatge i plantejant, entre altres coses, actuacions en zones geogràfiques on l'accés a la mateixa està tensionat.

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
9,11	9,32	8,76	8,72	8,71	7,76	7,19	6,66	6,71	6,65	6,69	6,84	6,97	6,81	7,16	7,56	7,83

Taula 1. Relació entre preu mitjà d' habitatge i renda bruta mitjana en anys.

Table 1. Relationship between average house price and average gross income in years.

There are other indicators that confirm an increase in difficulty in the acquisition of housing. Between 1995 and 2001, the average house price remained below four times the average gross household income, before multiplying by 8 in 2005, to reach its peak in 2007, with a value of more than 9 times the gross annual income of households. Throughout the period of economic recession and despite the decline in gross household income, this ratio has gradually declined. In 2022, the price of housing accounted for 7.83 years of gross disposable income per household. The variation in housing affordability is related to the variation in housing prices and income level. Despite the fact that today, the acquisition of housing is easier than in years of the crisis, in recent years, it is decreasing, following the trend of price recovery.

This decrease in procurement capacity can also be observed through financing mechanisms. The total number of mortgages has decreased, with 1,082,587

mortgages having been constituted in 2009 and 558,210 in 2021, a reduction of 48.43%.

This difficulty in accessing housing has directly hindered the ability to emancipate, placing the average age of emancipation in Spain at 29.8 years, well above the average age of 26.5 years in Europe (2023). In addition, the same source shows us how this age has been increasing in recent years, despite the downward trend of the previous decade.

It is necessary to guarantee affordable housing for the population in order to generate a cohesive and strong social fabric. Due to the current difficulty of access, different strategies have been developed to facilitate it, such as the creation of rental subsidies. The new Housing Law has been drafted along these lines, standardizing accessibility to housing and proposing, among other things, actions in geographical areas where access to housing is stressed.

Les noves maneres d'habitar

Durant el confinament massiu provocat per la pandèmia, es va posar de manifest la manca d'adequació de molts habitatges. Les limitacions d'aquests espais es van tornar evidents, ja que no complien amb les necessitats de passar llargs períodes de temps en ells. Això ha generat una demanda social d'habitatges amb certes característiques específiques. En l'actualitat, els balcons i altres espais oberts són altament valorats, així com l'eficiència energètica a causa de l'augment del preu de l'energia.

En aquest context, la rehabilitació d'habitatges es presenta com una solució adequada per satisfer aquestes demandes. Gràcies a les noves tecnologies i solucions constructives, és possible millorar l'eficiència dels sistemes dels edificis en diferents aspectes. A més, es poden incorporar els espais sol·licitats per la societat per adaptar-se a les noves formes d'habitar. Fins i tot hi ha experiències exitoses d'incorporació de balcons,⁵ cosa que amplia la connexió de l'habitatge amb l'espai exterior.

Un parc d'habitatge buit

La taula 2 extreta de l'Observatori Nacional d'Habitatge i Sòl en l'especial d'habilitació del 2021 mostra el total d'habitatges buits a Espanya segons el seu any de construcció. En total, hi ha 3.443.365 habitatges buits, els quals es distribueixen d'una manera més o menys equitativa al llarg dels anys excepte en dos períodes, on es concentra un major nombre d'habitatges buits. D'una banda, en el període comprès entre 1961 i 1980, on es concentren el 29,4% del total d'habitatges buits i d' altra banda en l'última dècada, on es concentra el 22,3%.

Aquests dos períodes també corresponen amb els períodes on més construcció d'habitatge s'ha produït. Aquests dos grups constitueixen una gran borsa d'habitatge per al país del 51,7% del parc total d'habitatge, és a dir 1.780.219,705 habitatges disponibles per a la població.

Hi ha diversos motius pels quals aquests habitatges estan buits i no s'han trobat dades estadístiques fiables d'aquests fets. Però ens trobem davant de dos paquets d'habitatges amb problemes clarament diferenciats. D'una banda, els habitatges dels anys 70, estan a prop de complir la seva vida útil, per la qual cosa necessiten d'una renovació integral per adaptar-se

New ways of living

During the massive lockdown caused by the pandemic, the inadequacy of many homes became apparent. The limitations of these spaces became apparent, as they did not meet the needs of spending long periods of time in them. This has generated a social demand for housing with certain specific characteristics. Today, balconies and other open spaces are highly valued, as well as energy efficiency due to the rising price of energy.

In this context, housing rehabilitation is presented as an adequate solution to meet these demands. Thanks to new technologies and construction solutions, it is possible to improve the efficiency of building systems in different aspects. In addition, the spaces requested by society can be incorporated to adapt to new ways of living. There are even successful experiences of incorporating balconies,⁵ which expands the connection of the house with the outdoor space.

An empty housing stock

Table 2 extracted from the National Observatory of Housing and Land in the 2021 special habilitation shows the total number of empty homes in Spain according to their year of construction. In total, there are 3,443,365 empty homes, which are distributed more or less equally over the years except in two periods, where a greater number of empty homes are concentrated. On the one hand, in the period between 1961 and 1980, where 29.4% of the total number of empty homes were concentrated, and on the other hand, in the last decade, where 22.3% were concentrated.

These two periods also correspond to the periods where the most housing construction has taken place. These two groups constitute a large housing stock for the country of 51.7% of the total housing stock, i.e. 1,780,219,705 homes available to the population.

There are several reasons why these homes are empty and no reliable statistical data has been found on these facts. But we are faced with two housing packages with

a les demandes de la societat actual perquè ja han complert el seu període de vida. D'altra banda, els habitatges construïts en l'última dècada, els quals a causa de les conseqüències econòmiques de la crisi mai han estat habitats. Aquestes últimes probablement necessiten d'una intervenció, tant per adaptar-se a algunes de les demandes més recents com per reparar aquelles patologies fruit del desús.

En qualsevol cas, rehabilitar augmenta el nombre d'habitatges al mercat i, a més, permet que aquestes responguin a les noves demandes. La rehabilitació del parc d'habitatges permet que aquestes tornin a ser competitives i millorar la qualitat de vida dels seus habitants. Aquesta recuperació i actualització del parc d'habitatges buit permet incorporar un gran nombre d'habitatges i millorar-ne l'accessibilitat a la població, millorant la població i cohesionant el teixit social.⁶

L'exigència climàtica

Des de l'any 2003 l'ONG Footprint Data Foundation (FoDaFo) ha publicat anualment un estudi en el qual defineix l'"Earth's Overshoot Day", assenyalant en el calendari el dia en què la humanitat ha consumit el total de recursos que el planeta Terra pot generar en el període d'un any natural. Aquest càlcul pren com a dades els índexs de consum de cada país proporcionats per l'ONU i s'ha realitzat retrospectivament amb dades des de 1961 fins a l'actualitat.

	Viv. Vacias	%
<1900	236.471	6,87%
1900-1920	129.586	3,76%
1921-1940	155.761	4,52%
1941-1950	159.485	4,63%
1951-1960	300.949	8,74%
1961-1970	468.263	13,60%
1971-1980	543.252	15,78%
1981-1990	295.750	8,59%
1991-2001	316.828	9,20%
2002-2011	767.925	22,30%
No consta	69.095	2,01%
Total	3.443.365	100,00%

Taula 2. Nombre d'habitatges buits en l'actualitat per any de construcció

Table 2. Number of vacant dwellings at present by year of construction

clearly differentiated problems. On the one hand, the homes of the 70s are close to completing their useful life, so they need a comprehensive renovation to adapt to the demands of today's society because they have already completed their life span. On the other hand, the houses built in the last decade, which due to the economic consequences of the crisis have never been inhabited. The latter probably need intervention, both to adapt to some of the most recent demands and to repair those pathologies resulting from disuse.

In any case, refurbishment increases the number of homes on the market and, in addition, allows them to respond to new demands. The rehabilitation of the housing stock allows them to become competitive again and improve the quality of life of their inhabitants. This recovery and updating of the empty

housing stock makes it possible to incorporate a large number of homes and improve their accessibility to the population, improving the population and cohesive the social fabric.⁶

The climate requirement

Since 2003, the NGO Footprint Data Foundation (FoDaFo) has published an annual study in which it defines "Earth's Overshoot Day", marking on the calendar the day on which humanity has consumed the total resources that planet Earth can generate in the period of a calendar year. This calculation takes as data the consumption indices of each country provided by the ONU and has been carried out retrospectively with data from 1961 to the present.

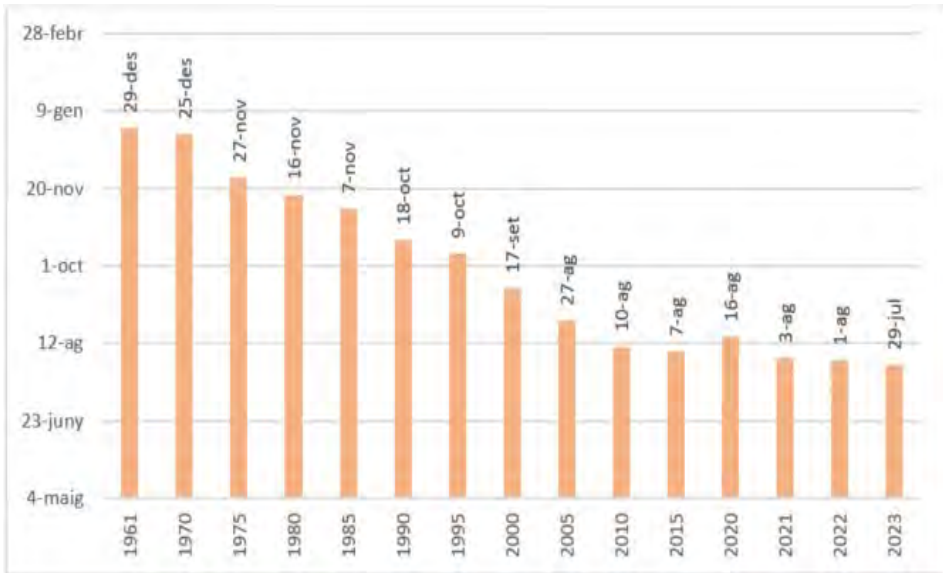


Figura 8. Data corresponent a Earth's Overshoot Day cada any

Figure 8. Date corresponding to Earth's Overshoot Day each year

L'any 2022 aquesta fita es va superar el dia 1 d'agost i les estimacions mostren que l'any 2023 la fita se sobrepassarà abans. A la Figura 8 s'observa com ha anat progressant el dia i cada any el consum de recursos ha anat en augment. L'any 1961, el dia es va marcar el 29 de desembre i des d'aleshores s'ha avançat 150 dies o un 41,10% en el calendari, la qual cosa suposa un augment del ritme del consum de recursos del 41,64%. Hi ha diverses causes per a aquest augment, però la realitat és que la pressió de la humanitat sobre la Terra és cada any més gran i cal reduir-la.

Els efectes d'aquest consum desorbitat han generat una acumulació de residus i deixalles, la qual cosa ha portat a problemes de gestió de residus i contaminació de l'aigua, del sòl i de l'aire. Aquests impactes tenen efectes negatius tant en la salut humana com en la dels ecosistemes, compromentent la qualitat de vida de les generacions presents i futures.

In 2022, this milestone was surpassed on August 1 and estimations show that in 2023 the milestone will be surpassed sooner. Figure 8 shows how the day has progressed and each year the consumption of resources has been increasing. In 1961, the day was marked on December 29 and since then it has advanced 150 days or 41.10% in the calendar, which is an increase in the rate of resource consumption of 41.64%. There are several causes for this increase, but the reality is

that humanity's pressure on the Earth is increasing every year and needs to be reduced.

The effects of this exorbitant consumption have generated an accumulation of waste and debris, leading to waste management problems and water, soil and air pollution. These impacts have negative effects on both human health and that of ecosystems, compromising the quality of life of present and future generations.

Objectius de Desenvolupament Sostenible

Els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) són un conjunt de metes establertes per les Nacions Unides en la seva Agenda 2030⁷, que abasten diverses àrees per promoure un desenvolupament sostenible a nivell mundial. Els ODS es componen de 17 objectius interrelacionats, que van des de l'erradicació de la pobresa i la fam, fins a la protecció del medi ambient i la promoció de la igualtat de gènere.

La rehabilitació d'edificis s'alinea amb diversos dels ODS establerts a l'Agenda 2030. Per exemple, l'ODS 11 busca aconseguir ciutats i comunitats sostenibles, promovent la renovació i rehabilitació d'àrees urbanes per fer-les més inclusives, segures i sostenibles. La rehabilitació d'edificis contribueix a aquest objectiu en millorar la qualitat de vida de les persones, revitalitzar els espais urbans i promoure l'eficiència energètica. Així mateix, l'ODS 9 té com a objectiu construir infraestructures resilents, promoure la industrialització sostenible i fomentar la innovació. L'ODS 13 s'enfoca en l'acció pel clima, buscant mesures per combatre el canvi climàtic i els seus impactes.

De tots els ODS els que tenen una major alineació amb la rehabilitació d'habitatges són dos. L'ODS 7 que busca garantir l'accés a una energia assequible, segura, sostenible i moderna per a tothom. En millorar l'eficiència energètica dels edificis a través de la rehabilitació, es redueixen les emissions de gasos d'efecte hivernacle i es promou l'ús d'energies renovables. I l'ODS 12 que s'enfoca a garantir patrons de consum i producció sostenibles. En renovar i rehabilitar edificis existents en lloc de construir-ne de nous, s'evita el consum addicional de recursos i es redueix la generació de residus de construcció.

La rehabilitació d'edificis com a mesura de reducció de l'impacte ambiental

Arran de les necessitats de reduir l'impacte ambiental i augmentar la sostenibilitat, en els darrers anys han aparegut diferents vies d'anàlisi de l'impacte ambiental. Una d'elles és l'anàlisi de cicle de vida (ACV), una metodologia utilitzada per avaluar els impactes ambientals d'un producte, servei o sistema al llarg de totes les etapes del seu cicle de vida, des de l'extracció de matèries primeres, la producció, l'ús i la fi de vida. L'ACV es basa en un enfocament sistemàtic

Sustainable Development Goals

The Sustainable Development Goals (SDGs) are a set of targets established by the United Nations in its 2030 Agenda,⁷ which cover various areas to promote sustainable development worldwide. The SDGs are made up of 17 interrelated goals, ranging from eradicating poverty and hunger, to protecting the environment and promoting gender equality.

Building renovation aligns with several of the SDGs set out in the 2030 Agenda. For example, SDG 11 seeks to achieve sustainable cities and communities, promoting the renovation and rehabilitation of urban areas to make them more inclusive, safe and sustainable. Building renovation contributes to this goal by improving people's quality of life, revitalizing urban spaces, and promoting energy efficiency. In addition, SDG 9 aims to build resilient infrastructure, promote sustainable industrialization and foster innovation. SDG 13 focuses on climate action, seeking measures to combat climate change and its impacts.

Of all the SDGs, two are most aligned with housing rehabilitation. SDG 7 which seeks to ensure access to affordable, secure, sustainable and modern energy for all. By improving the energy efficiency of buildings through retrofitting, greenhouse gas emissions are reduced and the use of renewable energy is promoted. And SDG 12, which focuses on ensuring sustainable consumption and production patterns. By renovating and rehabilitating existing buildings instead of constructing new ones, additional resource consumption is avoided and the generation of construction waste is reduced.

Renovation of buildings as a measure to reduce environmental impact

As a result of the need to reduce environmental impact and increase sustainability, different avenues of environmental impact analysis have appeared in recent years. One of these is Life Cycle Assessment (LCA), a methodology used to assess the environmental impacts of a product, service, or system throughout all stages of its life cycle, from raw material extraction, production,

i quantitatiu que permet identificar i avaluar els impactes ambientals potencials associats amb cada etapa del cicle de vida.

El cicle de vida d'un edifici es pot dividir en quatre fases: disseny, construcció, utilització i demolició.⁸ Tradicionalment s'han tingut únicament en compte les etapes de disseny i construcció en els edificis i s'han deixat de banda les dues darreres, no tenint en compte el seu impacte ambiental o les demandes de l'edifici en fases posteriors. Usualment es dissenyen els edificis per tenir una vida útil de 50 anys, tot i que amb un manteniment adequat es pot allargar la vida útil dels edificis.

És per això que realitzar l'ACV permet avaluar ja no només l'impacte ambiental de l'edifici durant la seva construcció, sinó com aquest evolucionarà en funció del temps. A més, aquesta eina es pot aplicar a edificis existents contrastant diferents possibles solucions de rehabilitació per garantir una major sostenibilitat en la intervenció.

A través d'aquestes pràctiques de canviar les estratègies d'intervenció i allargar la vida útil dels edificis s'han aconseguit reduccions de fins a l'11% de l'impacte ambiental en edificis.⁹ En aquest mateix estudi es confirma que el factor crític per reduir l'impacte ambiental rau a incrementar la vida útil de l'edifici. Hi ha diferents estudis i experiències que demostren que la rehabilitació d'edificis té un menor impacte ambiental i energètic que la construcció de nous.¹⁰

Rehabilitació científica: anàlisi de l'edifici i BIM

Hi ha una necessitat per part de la societat de creació d'un habitatge que resulti accessible i sostenible per a la població. És obligació de la indústria AECO respondre a aquesta demanda i a canviar la manera de veure l'edificació en general. L'arquitectura del segle XXI ha de posseir una visió holística dels problemes socials i entendre com solucionar-los més enllà del "crear més" que s'ha seguit en altres èpoques.

use, and end-of-life. LCA is based on a systematic and quantitative approach to identify and assess the potential environmental impacts associated with each stage of the life cycle.

The life cycle of a building can be divided into four phases: design, construction, use and demolition.⁸ Traditionally, only the design and construction stages of buildings have been taken into account and the last two have been set aside, not taking into account their environmental impact or the demands of the building in later phases. Buildings are usually designed to have a lifespan of 50 years, although with proper maintenance the useful life of buildings can be extended.

That is why carrying out the LCA allows us to evaluate not only the environmental impact of the building during its construction, but also how it will evolve over time. In addition, this tool can be applied to existing buildings by contrasting different possible rehabilitation solutions to ensure greater sustainability in the intervention.

Through these practices of changing intervention strategies and extending the useful life of buildings, reductions of up to 11% in the environmental impact of buildings have been achieved.⁹ This same study confirms that the critical factor in reducing the environmental impact lies in increasing the useful life of the building. There are different studies and experiences that show that the renovation of buildings has a lower environmental and energy impact than the construction of new ones.¹⁰

Scientific rehabilitation: building analysis and BIM

There is a need on the part of society to create housing that is accessible and sustainable for the population. It is the obligation of the AECO industry to respond to this demand and to change the way we look at building in general. The architecture of the 21st century must have a holistic vision of social problems and understand how to solve them beyond the "create more" that has been followed in other eras.

Per això, s'ha de canviar el focus d'atenció, que ja no ha d' estar centrat en la construcció d'edificis sinó en la rehabilitació d'aquests. Aprofitar el gran parc d'habitatges existent a Espanya. Un parc d'habitatges envellit, malmès i en part buit que suposa una gran possibilitat per donar resposta a les demandes de la societat.

Per a això la rehabilitació d'edificis ha de ser entesa des d'un punt de vista científic. No es tracta d'una actualització dels edificis per a un nou ús immediat, es tracta de realitzar una anàlisi general del seu estat de conservació i les seves necessitats, detectar les seves mancances, les seves patologies i el seu potencial, analitzar-lo i rehabilitar-lo augmentar-li la seva vida útil.

En definitiva, la rehabilitació científica ha d'aconseguir, no només adaptar l'edifici o habitatge al seu nou ús, sinó, a més, allargar la seva vida útil, millorar les seves capacitats i adaptar-lo a les demandes del segle XXI. Es tracta de realitzar una renovació integral, basada en les necessitats particulars de cada edifici i millorar les seves capacitats.

Les noves tecnologies

Aquesta rehabilitació científica basada en la necessitat requereix d'eines d'anàlisi cada vegada més potents. Només d'aquesta manera els professionals poden prendre les decisions basades en un estudi. En moltes ocasions, aquestes anàlisis, com l'ACV, consumeixen una gran quantitat de temps i recursos i no és possible abastar-los en funció de l'envergadura del projecte. Però per aconseguir uns resultats d'acord amb les pressions socials, no hi ha cap altre camí.

En els últims anys, s'han desenvolupat tecnologies que faciliten moltíssim l'accés a aquestes anàlisis. Les eines de simulació del rendiment de l'edifici (BPS Tools en anglès) permeten realitzar anàlisis especialitzades de manera fàcil i ràpida. Existeixen diferents eines informàtiques amb aquesta finalitat, en la seva majoria destinades a realitzar anàlisis de cicle de vida^{11 12} o reduir l'impacte ambiental dels edificis,¹³ entre d'altres.

Els entorns de *Building Information Modeling* (BIM) són una altra gran font d'ajuda per a aquest tipus d'anàlisi. Aquests entorns funcionen com una gran base de dades que permet emmagatzemar, definir i interrelacionar qualsevol paràmetre existent a l'edifici. Això permet

For this reason, the focus of attention must be shifted, which should no longer be focused on the construction of buildings but on their rehabilitation. Take advantage of the large housing stock in Spain. An aged, damaged and partly empty housing stock that is a great possibility to respond to the demands of society.

To this end, the renovation of buildings has to be understood from a scientific point of view. It is not a matter of updating buildings for an immediate new use, it is about carrying out a general analysis of their state of conservation and their needs, detecting their shortcomings, their pathologies and their potential, analysing and rehabilitating them by increasing their useful life.

In short, scientific rehabilitation must not only adapt the building or home to its new use, but also extend its useful life, improve its capabilities and adapt it to the demands of the 21st century. The aim is to carry out a comprehensive renovation, based on the particular needs of each building and to improve its capabilities.

New technologies

This scientific rehabilitation based on necessity requires increasingly powerful analytical tools. Only in this way can professionals make decisions based on a study. In many cases, these analyses, such as LCA, consume a large amount of time and resources and cannot be covered depending on the size of the project. But to achieve results in line with social pressures, there is no other way.

In recent years, technologies have been developed that make it much easier to access these analyses. Building Performance Simulation Tools (BPS Tools) make it quick and easy to perform specialized analyses. There are different computer tools for this purpose, mostly aimed at carrying out life cycle analyses^{11 12} or reduce the environmental impact of buildings,¹³ among others.

Building Information Modeling (BIM) environments are another great source of help for this type of analysis. These environments function as a large database that allows you to store, define and interrelate any existing

estudiar l'edifici des de diversos punts de vista i emmagatzemar el resultat d'aquestes anàlisis dins del mateix model, creant múltiples línies d'investigació que en l'actualitat segueixen obertes.¹⁴ Aquesta gran capacitat s'ha utilitzat per crear eines BPS per a diferents finalitats com l'avaluació sostenible de l'edifici,^{15 16} ACV,¹⁷ o la presa de decisions multicriteri.

Els entorns BIM suposen una nova tecnologia per a la indústria de l'AECO amb multitud d'avantatges més enllà de les aplicacions sobre la rehabilitació. Per això, s'ha estès ràpidament en la indústria. Però la seva adopció per a la rehabilitació encara no s'ha establert, en part per la dificultat de realitzar els models. Hi ha investigacions recents per pal·liar aquesta dificultat i incorporar tècniques com l'scanner 3D per facilitar aquestes tasques.

Però aquestes noves tecnologies no es limiten únicament a tecnologies d'anàlisi. Hi ha una segona via d'aproximació per donar resposta les diferents demandes socials i és a través de la millora de productes i tecnologies emprats en la construcció. En els últims anys s'han creat materials permeten millorar el rendiment, reaprofitant deixalles d'altres indústries,¹⁸ eliminant residus o emissions de CO₂ en la producció en emprar materials puzolànics per a nous ciments d'activació alcalina.¹⁹ O millorant àmpliament les característiques dels materials i les seves capacitats,^{20 21} aconseguint una utilització de recursos més eficient i materials de major durabilitat.

També hi ha una gran millora de les solucions constructives, tècniques com el SATE (Sistema d'Aïllament Tèrmic Exterior) permeten millorar l'eficiència energètica dels edificis en gran mesura, eliminant els ponts tèrmics i reduint la petjada de carboni durant la seva vida útil. La recerca en noves tecnologies de generació d'energia i la seva integració en l'arquitectura, permeten augmentar el camp d'opcions disponibles a l'hora de prendre decisions particulars per a cada ubicació.

Conclusions

En el present article s'ha pres com a exemple la situació del mercat d'habitatge espanyol amb les seves característiques particulars. Però Espanya només suposa un cas més dins de la

parameter in the building. This makes it possible to study the building from various points of view and store the results of these analyses within the same model, creating multiple lines of research that are currently still open.¹⁴ This large capacity has been used to create BPS tools for different purposes such as sustainable building assessment,^{15 16} LCA,¹⁷ or multi-criteria decision-making.

BIM environments represent a new technology for the AECO industry with a multitude of advantages beyond rehabilitation applications. Because of this, it has spread rapidly in the industry. But its adoption for rehabilitation has not yet been established, in part because of the difficulty of making the models. There is recent research to alleviate this difficulty and incorporate techniques such as 3D scanning to facilitate these tasks.

But these new technologies aren't just limited to analytics technologies. There is a second way of approaching the different social demands and that is through the improvement of products and technologies used in construction. In recent years, materials have

been created to improve performance, reusing waste from other industries,¹⁸ eliminating waste or CO₂ emissions in production by using pozzolanic materials for new alkaline-activated cements.¹⁹ Or by vastly improving the characteristics of materials and their capabilities,^{20 21} achieving more efficient resource utilization and more durable materials.

There is also a great improvement in construction solutions, techniques such as the ETIS (External Thermal Insulation System) allow to improve the energy efficiency of buildings to a great extent, eliminating thermal bridges and reducing the carbon footprint during their useful life. Research into new energy generation technologies and their integration into architecture allow us to increase the field of options available when making particular decisions for each location.

Conclusions

In this article, the situation of the Spanish housing market with its particular characteristics has been taken as an example. But Spain is just one more case in the general trend. Although with different conditions

tendència general. Tot i que amb diferents condicionants i per diferents causes, els països europeus tenen un parc d'habitatges envellit i cada vegada l'accés a l'habitatge és més complicat.

Des de la Unió Europea s'estan llançant iniciatives de finançament de rehabilitació d'edificis, com és el cas dels fons Next Generation amb una gran part destinada a la rehabilitació energètica. És responsabilitat social dels professionals de l'arquitectura, dur a terme aquesta rehabilitació. Aconseguir, a través d'una presa de decisions meditada una rehabilitació científica que minimitzi els recursos invertits i maximitzi la inversió social.

L'arquitectura consisteix a crear espais, però en l'arquitectura del segle XXI aquests espais no són únicament geometria. Estan compostos per tots els paràmetres fisicoquímics continguts en ells, temperatura, aïllament, estat de conservació, economia, luminància, ventilació, i un llarg etc. Les noves tecnologies permeten entendre l'arquitectura en més d'una dimensió i, amb això, millorar i avançar. Només incloent aquests elements en l'arquitectura és possible donar resposta a les necessitats actuals i construir una societat sostenible.

En l'actualitat, ja no existeixen respostes genèriques per a la rehabilitació d'edificis. La rehabilitació ha de ser científica i proposar solucions particulars i especialitzades. Les noves tecnologies i eines de gestió de dades permeten un processament de les característiques dels edificis amb una precisió mai vista i els nous materials i tecnologies permeten materialitzar aquestes anàlisis cobrint el salt entre les dades i la construcció. Només d'aquesta manera, podem donar resposta a les grans demandes socials.

Notes

- ¹ A.P., Ordaz, i Ana Raúl Sánchez, "La España encerrada: así son las viviendas en las que el país sobrelleva la cuarentena," *elDiario.es* (acces 6.4.23) (2020). https://www.eldiario.es/economia/espana-encerrada-viviendas-poblacion-alarma_1_1013247.html
- ² *Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2021.*
- ³ *Op. Cit.*

and for different reasons, European countries have an ageing housing stock and access to housing is becoming increasingly complicated.

The European Union is launching initiatives to finance the renovation of buildings, such as the Next Generation funds, with a large part allocated to energy rehabilitation. It is the social responsibility of architecture professionals to carry out this rehabilitation. To achieve, through thoughtful decision-making, a scientific rehabilitation that minimizes the resources invested and maximizes social investment.

Architecture is about creating spaces, but in 21st century architecture these spaces are not just geometry. They are composed of all the physical-chemical parameters contained in them, temperature, insulation, state of conservation, economy, luminance, ventilation, and a long etc. New technologies make it possible to understand architecture in more than one dimension and, with it, improve and advance. Only by including these elements in architecture is it possible to respond to current needs and build a sustainable society.

At present, there are no longer generic answers for building rehabilitation. Rehabilitation must be scientific and propose particular and specialized solutions. New technologies and data management tools allow the processing of building characteristics with unprecedented precision, and new materials and technologies make it possible to materialize these analyses, bridging the gap between data and construction. Only in this way can we respond to the great social demands.

Footnotes

- ¹ A.P., Ordaz, and Ana Raúl Sánchez, "La España encerrada: así son las viviendas en las que el país sobrelleva la cuarentena," *elDiario.es* (accessed 6.4.23) (2020). https://www.eldiario.es/economia/espana-encerrada-viviendas-poblacion-alarma_1_1013247.html
- ² *Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2021.*
- ³ *Op. Cit.*
- ⁴ *Housing in Europe - Statistics visualised* (accessed 6.17.23). <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/digpub/housing/index.html?lang=en>

- ⁴ *Housing in Europe - Statistics visualised* (acces 6.17.23). <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/digpub/housing/index.html?lang=en>
- ⁵ M. Marzal, "La Generalitat crea el primer prototipo para añadir espacios exteriores a las viviendas ya construidas," *Levante-EMV* (acces 6.28.23) (2023). <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2023/01/11/generalitat-crea-primer-prototipo-anadir-81027334.html>
- ⁶ M. Mangold, M. Österbring, H. Wallbaum, L. Thuvander, P. Femenias, "Socio-economic impact of renovation and energy retrofitting of the Gothenburg building stock," *Energy Build.* 123 (2016) 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.033>
- ⁷ *Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030 - Agenda 2030* (acces 6.28.23). <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/index.htm>
- ⁸ V. Fernández-Mora, i V. Yepes, "Problems in the adoption of BIM for structural rehabilitation," featured in *VIBRARCH*, Valencia (2019).
- ⁹ B. Palacios-Munoz, B. Peuportier, L. Gracia-Villa, B. López-Mesa, "Sustainability assessment of refurbishment vs. new constructions by means of LCA and durability-based estimations of buildings lifespans: A new approach," *Build. Environ.* 160 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106203>
- ¹⁰ A.M. Moncaster, F.N. Rasmussen, T. Malmqvist, A. Houlihan Wiberg, H. Birgisdottir, "Widening understanding of low embodied impact buildings: Results and recommendations from 80 multi-national quantitative and qualitative case studies," *J. Clean. Prod.* 235 (2019) 378–393. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.233>
- ¹¹ I.J. Navarro, V. Penadés-Plà, D. Martínez-Muñoz, R. Rempling, V. Yepes, "Life cycle sustainability assessment for multi-criteria decision making in bridge design: a review," *J. Civ. Eng. Manag.* 26 (2020), 690–704. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.13599>
- ¹² Pons, J.J., Penadés-Plà, V., Yepes, V., Martí, J.V., "Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison," *J. Clean. Prod.* 192 (2018), 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.268>
- ¹³ Penadés-Plà, V., García-Segura, T., Yepes, V.: "Accelerated optimization method for low-embodied energy concrete box-girder bridge design," *Eng. Struct.* 179 (2019), 556–565. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.015>
- ¹⁴ Fernández-Mora, V., Navarro, I.J., Yepes, V.: "Integration of the structural project into the BIM paradigm: A literature review," *J. Build. Eng.* 53 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104318>
- ¹⁵ Carvalho, J.P., Bragança, L., Mateus, R., "Optimising building sustainability assessment using BIM," *Autom. Constr.* 102 (2019): 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.021>
- ¹⁶ Wu Wei, Issa Raja R. A., "BIM Execution Planning in Green Building Projects: LEED as a Use Case," *J. Manag. Eng.* 31 (2015). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000314](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000314)

- ⁵ M. Marzal, "La Generalitat crea el primer prototipo para añadir espacios exteriores a las viviendas ya construidas," *Levante-EMV* (accessed 6.28.23) (2023). <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2023/01/11/generalitat-crea-primer-prototipo-anadir-81027334.html>
- ⁶ M. Mangold, M. Österbring, H. Wallbaum, L. Thuvander, P. Femenias, "Socio-economic impact of renovation and energy retrofitting of the Gothenburg building stock," *Energy Build.* 123 (2016) 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.033>
- ⁷ Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030 - Agenda 2030 (accessed 6.28.23). <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/index.htm>
- ⁸ V. Fernández-Mora, and V. Yepes, "Problems in the adoption of BIM for structural rehabilitation," featured in *VIBRARCH*, Valencia (2019).
- ⁹ B. Palacios-Munoz, B. Peuportier, L. Gracia-Villa, B. López-Mesa, "Sustainability assessment of refurbishment vs. new constructions by means of LCA and durability-based estimations of buildings lifespans: A new approach," *Build. Environ.* 160 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106203>
- ¹⁰ A.M. Moncaster, F.N. Rasmussen, T. Malmqvist, A. Houlihan Wiberg, H. Birgisdottir, "Widening understanding of low embodied impact buildings: Results and recommendations

from 80 multi-national quantitative and qualitative case studies," *J. Clean. Prod.* 235 (2019) 378–393. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.233>

- ¹¹ I.J. Navarro, V. Penadés-Plà, D. Martínez-Muñoz, R. Rempling, V. Yepes, "Life cycle sustainability assessment for multi-criteria decision making in bridge design: a review," *J. Civ. Eng. Manag.* 26 (2020), 690–704. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.13599>
- ¹² Pons, J.J., Penadés-Plà, V., Yepes, V., Martí, J.V., "Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison," *J. Clean. Prod.* 192 (2018), 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.268>
- ¹³ Penadés-Plà, V., García-Segura, T., Yepes, V.: "Accelerated optimization method for low-embodied energy concrete box-girder bridge design," *Eng. Struct.* 179 (2019), 556–565. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.015>
- ¹⁴ Fernández-Mora, V., Navarro, I.J., Yepes, V.: "Integration of the structural project into the BIM paradigm: A literature review," *J. Build. Eng.* 53 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104318>
- ¹⁵ Carvalho, J.P., Bragança, L., Mateus, R., "Optimising building sustainability assessment using BIM," *Autom. Constr.* 102 (2019): 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.021>
- ¹⁶ Wu Wei, Issa Raja R. A., "BIM Execution Planning in Green Building Projects: LEED as a Use Case," *J. Manag.*

- ¹⁷ Alwan, Z., Nawarathna, A., Ayman, R., Zhu, M., ElGhazi, Y., "Framework for parametric assessment of operational and embodied energy impacts utilising BIM," *J. Build. Eng.* 42 (2021). 102768. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102768>
- ¹⁸ Pachla, E.C., Silva, D.B., Stein, K.J., Marangon, E., Chong, W., "Sustainable application of rice husk and rice straw in cellular concrete composites," *Constr. Build. Mater.* 283, 122770 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122770>
- ¹⁹ Rodríguez-Álvaro, R., Seara-Paz, S., González-Fontebo, B., Martínez-Abella, F. "Use of granular coal combustion products as aggregates in structural concrete: Effects on properties and recommendations regarding mix design," *Constr. Build. Mater.* 273 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121690>
- ²⁰ Saravanakumar, R., Elango, K.S., Piradheep, G., Rasswanth, S., Siva, C., "Effect of super absorbent polymers in properties of self-curing concrete – A state of art of review," *Mater. Today Proc.* (2023). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.117>
- ²¹ Tayeh, B.A., Akeed, M.H., Qaidi, S., Bakar, B.H.A. "Influence of sand grain size distribution and supplementary cementitious materials on the compressive strength of ultrahigh-performance concrete," *Case Stud. Constr. Mater.* 17 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01495>

Referències de les imatges

Figura 1. *Observatorio de Vivienda y Suelo. Boletín especial sobre Rehabilitación 2021*, 2021

Figura 2, 3, 4 i 5. *Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2022*, 2022

Figura 6. *Observatorio de Vivienda y Suelo. Boletín especial sobre Rehabilitación 2021*, 2021

Figura 7. *INE*

Figura 8. *FoDaFo*

Taula 1 i 2. *Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2022*, 2022

Eng. 31 (2015). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000314](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000314)

- ¹⁷ Alwan, Z., Nawarathna, A., Ayman, R., Zhu, M., ElGhazi, Y., "Framework for parametric assessment of operational and embodied energy impacts utilising BIM," *J. Build. Eng.* 42 (2021). 102768. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102768>
- ¹⁸ Pachla, E.C., Silva, D.B., Stein, K.J., Marangon, E., Chong, W., "Sustainable application of rice husk and rice straw in cellular concrete composites," *Constr. Build. Mater.* 283, 122770 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122770>
- ¹⁹ Rodríguez-Álvaro, R., Seara-Paz, S., González-Fontebo, B., Martínez-Abella, F. "Use of granular coal combustion products as aggregates in structural concrete: Effects on properties and recommendations regarding mix design," *Constr. Build. Mater.* 273 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121690>
- ²⁰ Saravanakumar, R., Elango, K.S., Piradheep, G., Rasswanth, S., Siva, C., "Effect of super absorbent polymers in properties of self-curing concrete – A state of art of review," *Mater. Today Proc.* (2023). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.117>
- ²¹ Tayeh, B.A., Akeed, M.H., Qaidi, S., Bakar, B.H.A. "Influence of sand grain size distribution and supplementary cementitious

materials on the compressive strength of ultrahigh-performance concrete," *Case Stud. Constr. Mater.* 17 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01495>

Image references

Figure 1. *Observatorio de Vivienda y Suelo. Boletín especial sobre Rehabilitación 2021*, 2021

Figure 2, 3, 4 and 5. *Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2022*, 2022

Figure 6. *Observatorio de Vivienda y Suelo. Boletín especial sobre Rehabilitación 2021*, 2021

Figure 7. *INE*

Figure 8. *FoDaFo*

Table 1 and 2. *Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2022*, 2022

Bibliografía

Bibliography

- Alwan, Z., Nawarathna, A., Ayman, R., Zhu, M., ElGhazi, Y.: "Framework for parametric assessment of operational and embodied energy impacts utilising BIM", *J. Build. Eng.* 42, 102768. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102768> (2021).
- Carvalho, J.P., Bragança, L., Mateus, R.: "Optimising building sustainability assessment using BIM". *Autom. Constr.* 102, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.021> (2019), 170-182.
- Eurostat: "Age of young people leaving their parental household" [WWW Document]. URL https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Age_of_young_people_leaving_their_parental_household (acceso 6.28.23) (2023).
- Fernández-Mora, V., Navarro, I.J., Yepes, V.: "Integration of the structural project into the BIM paradigm: A literature review." *J. Build. Eng.* 53, 104318. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104318> (2022).
- Fernández-Mora, V., Yepes, V.: "Problems in the adoption of BIM for structural rehabilitation." presentado en *VIBRARCH*, Valencia (2019).
- Housing in Europe - Statistics visualised [WWW Document], n.d. Hous. Eur. URL <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/digpub/housing/index.html?lang=en> (acceso 6.17.23).
- Mangold, M., Österbring, M., Wallbaum, H., Thuvander, L., Femenias, P.: "Socio-economic impact of renovation and energy retrofitting of the Gothenburg building stock." *Energy Build.* 123, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.033> (2016) 41–49.
- Marzal, M.: "La Generalitat crea el primer prototipo para añadir espacios exteriores a las viviendas ya construídas" [WWW Document]. *Levante-EMV*. URL <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2023/01/11/generalitat-crea-primer-prototipo-anadir-81027334.html> (accessed 6.28.23) (2023).
- Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030 - Agenda 2030 [WWW Document], 2023. URL <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/index.htm> (acceso 6.28.23).
- Moncaster, A.M., Rasmussen, F.N., Malmqvist, T., Houlihan Wiberg, A., Birgisdottir, H.: "Widening understanding of low embodied impact buildings: Results and recommendations from 80 multi-national quantitative and qualitative case studies." *J. Clean. Prod.* 235, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.233> (2019) 378–393.
- Navarro, I.J., Penadés-Plà, V., Martínez-Muñoz, D., Rempling, R., Yepes, V.: "Life cycle sustainability assessment for multi-criteria decision making in bridge design: a review." *J. Civ. Eng. Manag.* 26, <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.13599> (2020), 690–704.
- Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2021 (2021).
- Observatorio de vivienda y suelo. Boletín anual 2022 (2022).
- Observatorio de Vivienda y Suelo. Boletín especial sobre Rehabilitación 2021 (2021), 112.
- Ordaz, A.P., Raúl Sánchez, Ana.: "La España encerrada: así son las viviendas en las que el país sobrelleva la cuarentena" [WWW Document]. *elDiario.es*. URL https://www.eldiario.es/economia/espana-encerrada-viviendas-poblacion-alarma_1_1013247.html (acces 6.4.23) (2020).

- Pachla, E.C., Silva, D.B., Stein, K.J., Marangon, E., Chong, W.: "Sustainable application of rice husk and rice straw in cellular concrete composites." *Constr. Build. Mater.* 283, 122770. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122770> (2021).
- Palacios-Munoz, B., Peuportier, B., Gracia-Villa, L., López-Mesa, B.: "Sustainability assessment of refurbishment vs. new constructions by means of LCA and durability-based estimations of buildings lifespans: A new approach." *Build. Environ.* 160, 106203. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106203> (2019).
- Penadés-Plà, V., García-Segura, T., Yepes, V.: "Accelerated optimization method for low-embodied energy concrete box-girder bridge design." *Eng. Struct.* 179, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.015> (2019), 556–565.
- Pons, J.J., Penadés-Plà, V., Yepes, V., Martí, J.V.: "Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison." *J. Clean. Prod.* 192, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.268> (2018), 411–420.
- Rodríguez-Álvaro, R., Seara-Paz, S., González-Fonteboá, B., Martínez-Abella, F.: "Use of granular coal combustion products as aggregates in structural concrete: Effects on properties and recommendations regarding mix design." *Constr. Build. Mater.* 273, 121690. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121690> (2021).
- Saravanakumar, R., Elango, K.S., Piradheep, G., Rasswanth, S., Siva, C.: "Effect of super absorbent polymers in properties of self-curing concrete – A state of art of review." *Mater. Today Proc.* <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.117> (2023).
- Tayeh, B.A., Akeed, M.H., Qaidi, S., Bakar, B.H.A.: "Influence of sand grain size distribution and supplementary cementitious materials on the compressive strength of ultrahigh-performance concrete." *Case Stud. Constr. Mater.* 17, e01495. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01495> (2022).
- Wu Wei, Issa Raja R. A.: "BIM Execution Planning in Green Building Projects: LEED as a Use Case." *J. Manag. Eng.* 31, A4014007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000314](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000314) (2015).